



Universidade Técnica de Lisboa

Faculdade de Arquitectura



Sistema construtivo de madeira em edifícios de habitação de baixa densidade em Portugal

Tese definitiva para a obtenção do grau de doutor no ramo de Arquitectura, na especialidade de Tecnologia da Arquitectura

Candidato: Paulo Manuel dos Santos Pereira de Almeida, assistente da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Orientadora: Doutora Helena Maria Pires Cruz, investigadora principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Co-Orientador: Doutor Fernando Coelho da Silva Pinheiro, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Júri

Presidente: Reitor da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Vítor Carlos Trindade Abrantes Almeida, professor catedrático da Faculdade de Engenharia do Porto;

Doutor Jorge Novais Telles Faria Corrêa Bastos, professor catedrático da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Alberto Reaes Pinto, professor associado da Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada;

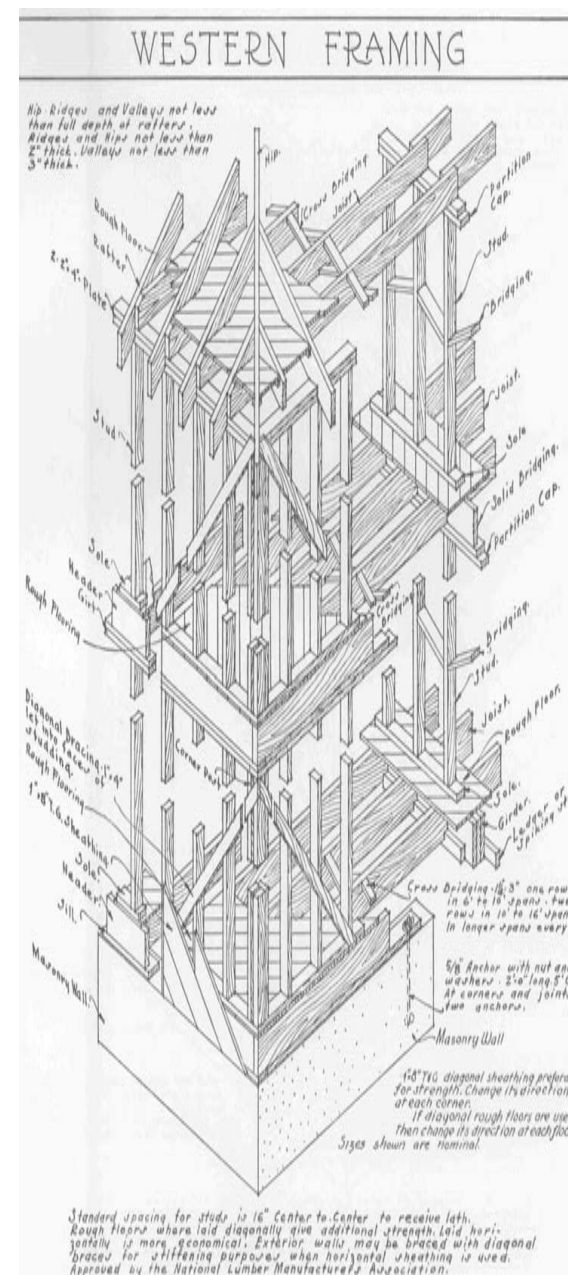
Doutor Vítor Manuel Vieira Lopes dos Santos, professor associado da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Helena Maria Pires Cruz, investigadora principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Doutor João Pedro do Carmo Fialho, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Doutor Fernando Coelho da Silva Pinheiro, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Dezembro 2009





Universidade Técnica de Lisboa

Faculdade de Arquitectura



Sistema construtivo de madeira em edifícios de habitação de baixa densidade em Portugal

Tese definitiva para a obtenção do grau de doutor no ramo de Arquitectura, na especialidade de tecnologia da Arquitectura

Candidato: Paulo Manuel dos Santos Pereira de Almeida, assistente da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Orientadora: Doutora Helena Maria Pires Cruz, investigadora principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Co-Orientador: Doutor Fernando Coelho da Silva Pinheiro, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Júri

Presidente: Reitor da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Vítor Carlos Trindade Abrantes Almeida, professor catedrático da Faculdade de Engenharia do Porto;

Doutor Jorge Novais Telles Faria Corrêa Bastos, professor catedrático da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Alberto Reaes Pinto, professor associado da Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada;

Doutor Vítor Manuel Vieira Lopes dos Santos, professor associado da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Helena Maria Pires Cruz, investigadora principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Doutor João Pedro do Carmo Fialho, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Doutor Fernando Coelho da Silva Pinheiro, professor auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

Dezembro 2009

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a orientação e o apoio de várias pessoas. O que de bom surgir no trabalho reflectirá certamente a sua influência; qualquer incorrecção que surja é, no entanto, da minha lavra somente.

Gostaria, assim, de agradecer à minha orientadora Doutora Engenheira Helena Pires Cruz, LNEC todo o empenho, o apoio e a orientação, sem os quais muitas encruzilhadas teriam sido intransponíveis.

Ao meu co-orientador, Doutor Arquitecto Fernando Silva Pinheiro, gostaria de agradecer não só a orientação dada durante a investigação, mas também todo o apoio que me deu ao longo dos anos em que fui seu assistente na Faculdade de Arquitectura de Lisboa.

Gostaria igualmente de agradecer o apoio dado pelo Departamento de Tecnologias da Faculdade de Arquitectura de Lisboa, em particular ao Doutor Arquitecto Vítor Lopes dos Santos e ao Mestre Arquitecto Carlos Mesquita.

Na fase inicial da definição do tema, a orientação do Doutor Engenheiro Jorge Corrêa Bastos foi crucial, pelo que muito agradeço.

Por último gostaria de agradecer todo o apoio da minha mulher, Ana e dos nossos filhos Manuel, Joana e Maria Inês.

Resumo

SISTEMA CONSTRUTIVO DE MADEIRA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO DE BAIXA DENSIDADE EM PORTUGAL

Paulo Manuel dos Santos Pereira de Almeida

Doutoramento em: Arquitectura – Tecnologia da Arquitectura

Orientadora: Doutora Engenheira Helena Maria Pires Cruz – Investigadora Principal, LNEC

Co-Orientador: Doutor Arquitecto Fernando Silva Pinheiro – Professor Auxiliar, FA-UTL

RESUMO

No decorrer da história da arquitectura e construção no mundo Ocidental, a madeira tem tido uma expressão e presença constante no edificado habitacional. Enquanto que em Portugal a utilização da madeira como sistema construtivo se estende até meados do século XX, noutros países Europeus e na América do Norte a construção de madeira manteve-se até aos nossos dias. Durante o séc. XX, em países como os Estados Unidos da América, a construção de madeira sofreu várias evoluções e transformações, para responder a necessidades e preocupações contemporâneas, bem como para melhorar o próprio desempenho estrutural, térmico e acústico, e incorporar novos materiais, como os derivados de madeira. A construção corrente de madeira beneficia de um material inteiramente renovável e que requer pouca transformação, desde a fase de extracção até à fase de utilização, sendo assim energeticamente mais económico.

A construção de madeira em Portugal é regulamentada pelo Eurocódigo 5 nas questões estruturais e pelos restantes diplomas nacionais nas questões de comportamento térmico e acústico, e incêndio.

O domínio do meio técnico português, no que respeita a questões de dimensionamento e de pormenorização orientada para uma boa durabilidade e um bom desempenho térmico e

acústico, é insuficiente e resulta não só da falta de utilização de sistemas de construção de madeira em Portugal, como também de um enquadramento regulamentar predominantemente exigencial.

O presente trabalho apresenta uma contribuição para um guia prescritivo para construção de madeira, em edifícios de habitação de baixa densidade, usando o sistema construtivo *light framing*, adaptado a Portugal, respondendo aos requisitos regulamentares nacionais e comunitários.

Palavras-chave: construção de madeira, sistema construtivo de madeira, *light framing*, habitação de baixa densidade.

Índice:

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
1 Introdução.....	1
2 Objectivos e método.....	4
3 Perspectiva antológica da construção de madeira	7
4 Sistemas correntes de construção de madeira	33
4.1 Construção maciça.....	33
4.2 Pilar e viga	36
4.3 Sistema aligeirado em plataforma (<i>Light Framing</i>).....	37
4.3.1 A evolução do sistema: de <i>braced framing</i> a <i>platform framing</i>	37
4.3.2 Caracterização geral do sistema <i>Platform Framing</i> americano.....	46
5 Materiais e produtos usados na construção: Europa e Estados Unidos.....	85
6 Ligações entre elementos e ligadores.....	110
6.1 Samblagens	110
6.2 Colagem.....	111
6.3 Buchas, pregos, parafusos e parafusos de porca.....	112
6.4 Ligadores metálicos.....	115
7 Durabilidade e protecção da madeira.....	117
8 Resistência da construção ao fogo.....	123
9 Insonorização da construção	126
10 Enquadramento e Considerações Regulamentares	128

10.1	Regulamentação: Europa e o Eurocódigo 5	128
10.2	Regulamentação: Estados Unidos e o IBC	135
10.2.1	IBC: classificação das edificações segundo a ocupação.....	140
10.2.2	IBC: compartimentação das edificações em função da sua ocupação	142
10.2.3	IBC: classificação das edificações segundo o sistema construtivo	143
10.2.4	IBC: restrições de área e cêrcea das edificações	145
10.2.5	IBC: restrições de vãos e de paredes exteriores em função da construção.....	147
11	Proposta de manual prescritivo para construção em <i>light framing</i>	148
11.1	Considerações gerais de construção	149
11.1.1	Requisitos gerais.....	149
11.1.2	Localização de paredes exteriores	149
11.1.3	Garagem e alpendres automóveis.....	151
11.1.4	Separação entre os fogos	151
11.1.5	Retardadores de vapor.....	151
11.1.6	Protecção contra deterioração da construção	151
11.1.7	Protecção contra térmitas subterrâneas.....	160
11.2	Fundações	163
11.2.1	Requisitos gerais.....	163
11.2.2	Materiais.....	163
11.2.3	Fundações e muros de suporte	163
11.2.4	Vazio sanitário.....	171
11.3	Pavimentos	172

11.3.1	Requisitos gerais	172
11.3.2	Armação de pavimento de madeira	172
11.3.3	Revestimento estrutural de pavimentos	183
11.3.4	Pavimentos de madeira tratada em autoclave em contacto com o solo.....	183
11.4	Paredes	184
11.4.1	Requisitos gerais	184
11.4.2	Armação de paredes de madeira	184
11.4.3	Paneis de uso estrutural.....	220
11.5	Revestimento de paredes.....	221
11.5.1	Requisitos gerais	221
11.5.2	Revestimentos interiores.....	221
11.5.3	Revestimentos exteriores.....	226
11.6	Armação de coberturas e tectos	234
11.6.1	Requisitos gerais	234
11.6.2	Armação de cobertura em madeira	234
11.6.3	Revestimento estrutural de coberturas.....	241
11.6.4	Ventilação da cobertura.....	241
11.6.5	Acesso ao sótão	242
11.6.6	Isolamento térmico.....	242
11.7	Coberturas.....	243
11.7.1	Requisitos gerais	243
11.7.2	Protecção contra a intempérie	243

11.7.3	Materiais	244
11.7.4	Requisitos dos revestimentos de cobertura.....	244
11.7.5	Isolamento térmico	247
12	Exemplos práticos de aplicação do sistema construtivo	248
12.1.1	Exemplo nº1.....	248
12.1.2	Exemplo nº2.....	309
13	Conclusões.....	350
14	Glossário traduzido e ilustrado de alguns termos técnicos anglo saxónicos relevantes neste sistema construtivo	353
15	Referências (de acordo com ISO 690).....	371
16	Índice de Figuras.....	398

1 Introdução

No decorrer da história da arquitectura e construção no mundo Ocidental, a madeira tem tido uma expressão e uma presença constantes no edificado habitacional. O recurso à madeira, como elemento ou como sistema construtivo, tanto na Europa como na América do Norte, tem resultado, em parte, da sua disponibilidade, da facilidade de trabalho e das suas características como material construtivo e estrutural. O grau e a forma de aplicação da madeira na edificação varia de acordo com a escala do edifício, a sua função, a durabilidade pretendida e a própria disponibilidade do material.

Na Europa, a utilização de estruturas de madeira tem abrangido edifícios e construções de escalas variadas, como pontes, igrejas e habitações. No entanto, encontramos hoje os sistemas construtivos de madeira subordinados principalmente a edifícios de pequeno porte, geralmente de carácter habitacional ou pequeno comércio, onde a intemporalidade do edifício não é factor dominante e o material utilizado encontra-se disponível.

Em Portugal, a utilização da madeira como sistema construtivo estende-se até meados do século XX, tendo progressivamente dado lugar ao betão, que permanece como material corrente na construção de edifícios de habitação. Noutros países Europeus e na América do Norte, a construção de madeira manteve-se até aos nossos dias e, nalguns casos, tem vindo a ganhar maior relevância devido ao seu carácter ecológico. Durante o séc. XX, em países como os Estados Unidos da América, a construção de madeira sofreu várias evoluções e transformações, para responder a necessidades e preocupações contemporâneas, bem como para melhorar o próprio desempenho. Estas alterações têm visado a melhoria do desempenho estrutural, térmico e acústico e a incorporação de novos materiais, como os derivados de madeira. Desta forma, a construção de madeira não se limita a replicar modelos do passado mas representa sim uma realidade actual.

A arquitectura residencial na América do Norte, desde o séc. XVIII até hoje, oferece-nos uma leitura dinâmica da construção de madeira. Com o progressivo avanço dos colonos para Oeste do continente, a construção de madeira foi o sistema eleito, tanto por questões culturais como também



Fig. 1-1 Casa Eichler vista do Jardim. (foto do autor)

pela disponibilidade do material e pela velocidade de construção permitida. Nos novos territórios do Oeste, esta forma de construir foi adoptada de tal forma que a distinção entre classes sociais manifestava-se principalmente pela implantação, dimensão e estilo arquitectónico e não pelo recurso a outros materiais. A utilização da madeira como sistema construtivo foi vertical em termos sociais. As *Eichler Homes* da Califórnia, dos anos 50, são um exemplo claro da aceitação da madeira como um material que reflectia um mundo moderno e democrático. Actualmente, esta realidade ainda prevalece nos Estados Unidos da América, onde a madeira ganhou ainda maior relevância pelo seu valor ecológico. A consciência dos benefícios ecológicos da madeira e o conforto oferecido por este tipo de construção têm contribuído para a abolição da conotação social menos favorável da construção de madeira; de facto, poder-se-á considerar que construir em madeira é uma opção e não uma necessidade.

Se seguirmos o curso da madeira como material de construção no mundo Ocidental ao longo do tempo, constatamos a sua relevância. Portugal tem uma tradição de construção de madeira evidenciada pelas construções medievais ainda existentes em Lisboa e no Porto, pelos armazéns e habitação em Aveiro, pelas baixas Pombalinas de Lisboa e de Vila Real de Santo António e pelas estruturas Gaioleiras, que lhes são posteriores e cuja utilização estende-se até ao séc. XX. Nos países onde a utilização da madeira nunca cessou, contrariamente ao que sucedeu em Portugal, os sistemas construtivos de madeira continuaram a evoluir. A construção de madeira, com as suas características e limitações, é prioritariamente aplicável a edifícios de pequeno porte e de pequenos vãos, como no caso de habitação de baixa densidade. A utilização de madeira, recorrendo a elementos lamelados colados, estende-se igualmente à construção de pequenas pontes e coberturas de grande vão. Na Europa e na América do Norte, a relevância da madeira na aplicação residencial deve-se, em parte, ao facto de ser um material inteiramente renovável, contrariamente a outros materiais como o betão, a alvenaria e o aço. Adicionalmente, a construção corrente de madeira caracteriza-se por modelos construtivos essencialmente leves e com reduzida inércia térmica, resultando particularmente confortáveis em situações de baixa temperatura exterior.

O mundo de hoje despertou para uma consciência ecológica. O progressivo crescimento demográfico mundial e a consciencialização dos limites dos recursos naturais têm sido factores dominantes nesta

alteração do pensamento e das atitudes. O actual desafio que se apresenta à arquitectura e à construção em geral assenta no despertar para essa consciência. É neste grande tema que este trabalho se pretende inserir. A madeira, sendo um material estrutural orgânico, é verdadeiramente renovável e, associado a uma exploração racional da floresta, apresenta-se como um material perfeitamente harmonizado com os conceitos de produção sustentada. Adicionalmente, a madeira é o material que menos transformação requer desde a fase de extracção até à fase de utilização, sendo assim energeticamente mais económico.

Presentemente, em Portugal, a construção de madeira em edifícios de pequena dimensão, como a moradia unifamiliar, recorre unicamente a sistemas prefabricados. Este fenómeno resulta maioritariamente da falta de conhecimento por parte do meio técnico no que diz respeito a questões de dimensionamento e de pormenorização construtiva que garanta a durabilidade, o desempenho térmico e acústico da construção de madeira. No entanto, em países onde a construção de madeira se manteve até ao presente, como nos casos dos E.U.A. e da Inglaterra, os pequenos edifícios são construídos *in loco*. Nestes países, o conhecimento da construção de madeira não só nunca cessou como também foi evoluindo progressivamente.

2 Objectivos e método

Face ao actual cenário da construção de madeira de pequenos edifícios em Portugal, este trabalho pretende dar uma contribuição para o desenvolvimento de um manual prescritivo para construção de madeira no sistema *light framing*, pretendendo dar resposta ao escasso domínio deste sistema construtivo pelo meio técnico.

A opção pelo sistema *light framing* resulta do facto de ser um sistema construtivo de madeira que minimiza o uso do material através da utilização de pequenas secções e de estar vocacionado para uma construção *in loco*. A redução na quantidade de madeira utilizada implica um menor impacto na floresta e a possibilidade da construção no terreno potencia a auto-construção ou a construção por pequenos empreiteiros, à semelhança do que sucede em países como a Inglaterra e os E.U.A.. O sistema *light framing* aqui abordado baseia-se na experiência americana, com incidência na Califórnia, onde a sua utilização é corrente na construção de pequenos edifícios. No que respeita a actividade sísmica, variação térmica e índice de pluviosidade, as características climáticas e geológicas de Portugal assemelham-se às encontradas na Califórnia, onde o sistema *light framing* é o sistema construtivo de madeira mais utilizado e representa uma evolução do sistema aligeirado do séc. XIX.

No desenvolvimento deste trabalho afigurou-se importante, como ponto de partida e de enquadramento, apresentar uma visão antológica da construção de madeira. Seguidamente, para melhor compreender e enquadrar o sistema *light framing*, foram estudados outros sistemas correntes de construção de madeira, bem como materiais correntes. Igualmente importantes para o desenvolvimento desta contribuição, foram as considerações regulamentares. Desta forma, foi necessário o estudo da regulamentação americana e europeia aplicáveis à construção de madeira para edifícios de pequena dimensão, em particular daquela que se aplica a edifícios de habitação de baixa densidade. A contribuição para o desenvolvimento de um manual prescritivo resultou, então, da adaptação dos requisitos construtivos e regulamentares.

O desenvolvimento do trabalho organiza-se ao longo de cinco partes: uma perspectiva antológica, o estudo de sistemas e materiais correntes, a análise regulamentar, ilustração de dois exemplos práticos resultantes da aplicação do sistema e a apresentação de um contributo para o desenvolvimento de um manual prescritivo para construção de madeira *light framing* aplicável a edifícios de habitação de baixa densidade.

A perspectiva antológica da construção de madeira pretende, de uma forma breve, enquadrar a madeira e outros materiais de origem vegetal no universo da construção e as suas aplicações face à disponibilidade dos materiais. O estudo dos sistemas de construção de madeira e materiais correntes reflecte a realidade corrente europeia e norte americana. Nesta parte, são igualmente abordadas questões relevantes à construção de madeira, como as ligações, a durabilidade e a preservação. A parte seguinte incide sobre as questões regulamentares europeias e norte americanas, nomeadamente no que diz respeito ao Eurocódigo 5, no caso europeu, e ao *IBC*, no caso americano. Seguidamente apresenta-se dois exemplos da aplicação do sistema na construção de dois pequenos edifícios de habitação. Por último, é proposto um contributo para o desenvolvimento de um manual prescritivo para a construção *light framing*, adaptado a Portugal.

3 Perspectiva antológica da construção de madeira

Existem correspondências marcantes entre as formas arquitectónicas de diferentes culturas, se bem que não reflectam uma fonte comum na evolução da arquitectura. Estas semelhanças podem, por vezes, ser atribuídas à dispersão dos povos e de tecnologias. No entanto, existe evidência de que soluções tecnológicas análogas podem ser o resultado da aquisição de ferramentas similares e do uso dos mesmos materiais. Salvaguarda-se, no entanto, que em locais diferentes, a mesma disponibilidade de matéria-prima e ferramentas não resulta em soluções rigorosamente iguais na resolução do mesmo problema. Apesar disso, não é surpreendente que o grande número de construções de madeira no mundo seja um reflexo da distribuição das florestas. Hoje, a área de floresta corresponde a um pouco mais de 3.900 milhões de hectares (Herzog, et al., 2004). Porém, há cinco mil anos, mais de 8.000 milhões de hectares de floresta cobriam a superfície do planeta. A floresta que permanece, no entanto, ilustra o tipo e quantidade de recursos que já estiveram

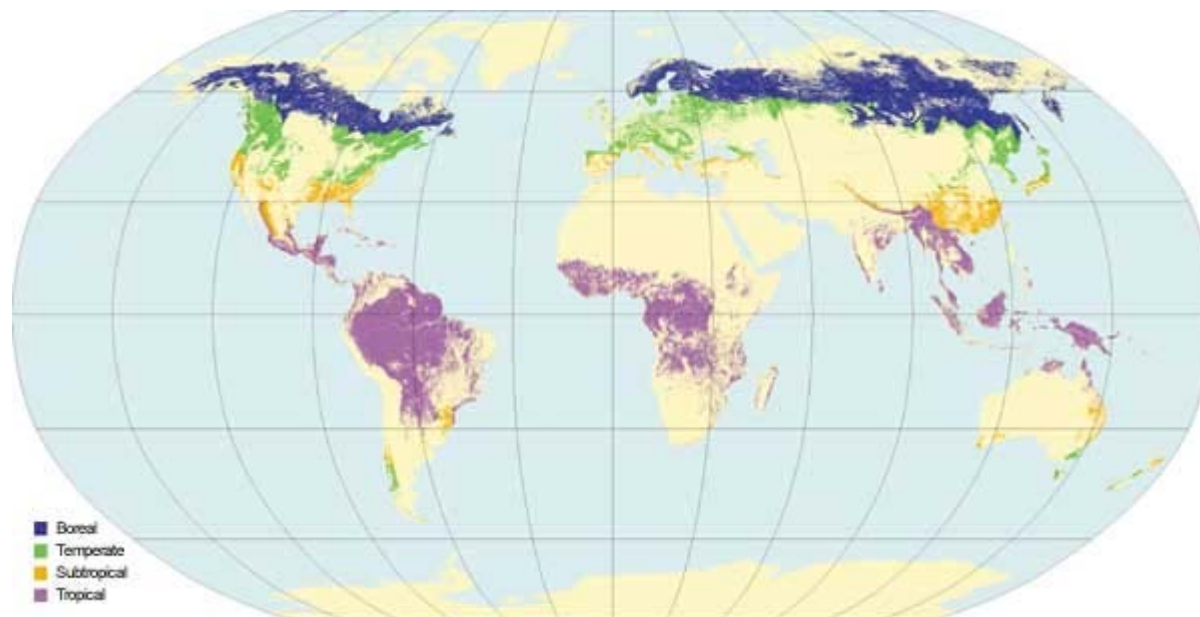


Fig. 3-1 Distribuição das florestas no planeta (FAO, 2001 p. 37 Fig. 3)



Fig. 3-2 Floresta boreal no Verão e Inverno, Suécia. (fonte desconhecida)



Fig. 3-3 Floresta temperada, New York, Estados Unidos. (fonte desconhecida)

largamente disponíveis(Pryce, 2005).

De uma forma geral, espécies diferentes de floresta agrupam-se em faixas horizontais em torno da circunferência da terra, reflectindo as características climáticas particulares comuns a uma latitude, ou mais precisamente, a uma linha isotérmica.

A Norte, as florestas boreais formam um anel abaixo do Círculo Polar Ártico. Estas florestas desenvolvem-se no Canadá, no Noroeste e Nordeste dos Estados Unidos da América, na Escandinávia e na Ásia desde a Rússia até ao Mar de Bering, correspondendo a um terço das florestas mundiais. Cerca de 60% do território da Finlândia e da Suécia é coberto por floresta. A floresta boreal é composta principalmente por coníferas (resinosas e betuláceas), com uma grande representação de membros da família Pinaceae incluindo *fir* (abeto), pinheiro, espruce e *larch* (lariço). Estas árvores crescem também em áreas montanhosas acima dos 1.500m, como nas Cordilheiras dos Alpes e dos Cárpatos, nas Montanhas Rochosas e Montanhas *Kii* no Japão, onde a altura replica o clima frio do norte.

As florestas temperadas ou de folhosas crescem abaixo do anel boreal, em lugares como a América do Norte, Europa Oriental e Ocidental, a zona do Mar Negro, China oriental, Rússia (a norte das estepes) e em zonas de baixa altitude no Japão. Estas áreas são caracterizadas por Invernos frios, Verões moderados com temperaturas anuais médias entre os 4°C e 18°C e precipitação de 750 a

1.500mm ao longo do ano, condições ideais para o desenvolvimento de carvalhos, faias, bétulas, áceres, castanheiros e choupos ou álamos. Na Europa e na América do Norte, o carvalho foi a fonte de madeira mais popular não só devido à sua disponibilidade mas como também pela sua resistência natural a ataques biológicos de fungos e insectos xilófagos.



Fig. 3-4 Floresta Tropical, Norte da Austrália. (panorâmio)

As florestas tropicais desenvolvem-se numa faixa em torno do equador enquanto as florestas subtropicais se

situam nos trópicos, com maior expressão no Trópico de Câncer. Estas florestas cobrem grande parte da América do Sul, da América Central, do Oeste e Sudeste dos Estados Unidos, da África Ocidental e Equatorial, da Índia e de todo o Sudeste Asiático, estendendo-se até ao Norte e Este da Austrália e ainda à Nova Zelândia. As temperaturas médias nestas zonas situam-se entre 20°C e 29°C e a precipitação anual é alta, atingindo cerca de 10.000 mm por ano. Neste caso, a melhor fonte de madeira não tem sido a floresta tropical, em parte devido à existência de uma enorme variedade de espécies, mas sim as folhosas das florestas das monções. Estas florestas têm uma longa estação seca, seguida por uma monção curta, apresentando frequentemente uma ou duas espécies dominantes. A teca (*Tectona grandis*), por exemplo, é a espécie predominante na União de Mianmar e na Tailândia do Norte, enquanto as florestas da Indonésia são tipicamente compostas por membros da família *Dipterocarpaceae*, particularmente por Sal também conhecida por Sakhu (*Shorea robusta*).

Apesar da relativa abundância de madeira em certas partes do mundo, existem outras regiões onde a madeira é escassa e onde se encontram outras espécies vegetais disponíveis que têm sido utilizadas na construção. O bambu, o junco e a palha são exemplos de espécies alternativas de materiais de construção em regiões onde a madeira escasseia. Se bem que os princípios construtivos para os diferentes materiais possam apresentar algumas semelhanças entre si, o produto final resulta em edifícios bastante diferenciados.

Conforme referido, a utilização de junco, caniços e palha ocorre frequentemente em áreas onde a madeira se encontra geralmente indisponível. Os edifícios destas regiões variam em forma e processo construtivo, de acordo com os locais onde são construídos. No entanto, podemos constatar que, devido à fraca resistência de cada elemento isolado, este tipo de construção baseia-se na utilização de vários elementos em conjunto ou entrelaçados para a obtenção um desempenho estrutural adequado. Podem ser encontradas várias formas de abrigos de caniços e palha em África, Índia, Bangladesh e Iraque. No Iraque, por exemplo, a norte de Basra, constroem-se abrigos em abóbada de berço. A forma é dada pela criação de várias vigas parabólicas. Cada parábola é feita a partir de dois segmentos constituídos por molhos de caniços que são flectidos e atados no coroamento. O vão entre cada parábola é vencido por madres da mesma construção, seguindo-se então o forro feito com um entrelaçado de tiras de caniços. Em África, os abrigos dos povos Bantu,

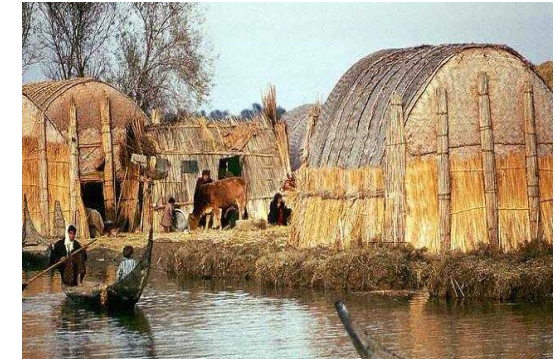


Fig. 3-5 Aldeia em Ma'dan, Iraque. Construção feita de caniços e palha em abóbada de berço; as ilhas são artificiais. (weetlogs.scilogs.be/gallery/3/27-Y99DUTGB00.jpeg)



Fig. 3-6 Abrigo Zulu, Drakensberg, África do Sul (Fanie Heymans)

nomeadamente dos Zulus, assumem uma forma de cúpula hemisférica. A construção é feita por intermédio de uma série de arcos e forros sobrepostos para a obtenção da resistência necessária e para isolamento das grandes amplitudes térmicas a que as construções se encontram sujeitas (Oliver, 1987). Face à durabilidade destes materiais, estas construções resultam frequentemente em abrigos com um tempo de vida relativamente curto.



Fig. 3-8 Construção de casa de bambu na Malásia; os pilares são de madeira. (Panoramio).



Fig. 3-7 Parede de taipa com ripado de bambu, Nirasaki, Japão. (www.bornplaydie.com/japan/travel/yamanashi/bamboo-wall.jpg).



Fig. 3-9 Protótipo de um nó de estrutura espacial construído em bambu para aplicação em construção contemporânea; (Renzo Piano).

A construção de bambu surge, curiosamente, devido à sua abundância e não pela escassez da madeira. Existem perto de 700 espécies diferentes de bambu desenvolvendo-se em locais de clima temperado, desde o nível do mar até altitudes de 4.000 m (Oliver, 1987). O bambu partilha a estrutura fibrosa da madeira, sendo um material moderadamente elástico e permitindo uma construção que assume várias formas. A construção de bambu surge na África subsaariana, na América Central, na América do Sul até ao no Chile, na Índia, no Sudeste Asiático, na China e no Japão. Esta construção caracteriza-se pela criação de paredes, pavimentos e coberturas com uma malha ortogonal de varas de bambu. Frequentemente, as várias peças são atadas entre si com casca de bambu ou outro material. O preenchimento das paredes, por exemplo, varia entre a aplicação de painéis de tiras de bambu entrelaçadas ou o preenchimento com terra e barro. No Japão, a malha das paredes por vezes serve de fasquiado para paredes de taipa. Nos Camarões Ocidentais, a aplicação de barro nas paredes é feita somente como recobrimento das varas. Na Indonésia e em Sumatra é frequente os edifícios, de habitação ou rurais, serem inteiramente construídos de bambu. No Sudoeste Asiático a construção em bambu, na sua forma tradicional, tem um tempo de vida relativamente curto; o bambu tratado por imersão em água pode resistir entre doze e quinze anos e, se não tratado, poderá resistir aproximadamente cinco anos (FAO, 1956). O processo de degradação resulta de factores

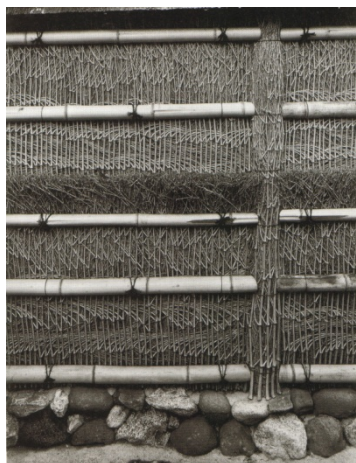


Fig. 3-12 Vedação em wattlework, Nagasaki, Japão. (Zwerger, 2000)

atmosféricos e de infestações de insectos, uma vez que as camadas interiores das varas de bambu são particularmente pouco resistentes aos insectos xilófagos.

Se bem que as duas formas de construir acima mencionadas recorram à utilização de um recurso renovável semelhante à madeira, nenhuma destas técnicas teve expressão na Europa ou na América do Norte. Por um lado a inexistência do bambu e por outro a abundância da madeira fizeram com que não surgisse a necessidade de recorrer a caniços e palha. A utilização de ramos ou vime entrelaçados, denominada *wattlework* nos países Anglo-Saxónicos, foi utilizada em certas partes da Europa para o preenchimento entre pilares de madeira de algumas habitações, edifícios rurais ou mesmo para construção de vedações, mas nunca assumiu um papel de relevo e generalizado como sistema construtivo. A construção com madeira,

independentemente da madeira utilizada e das suas particularidades construtivas, foi o sistema mais utilizado. A construção de madeira surge, então, de três formas: construção de estacas, construção de toros (paredes portantes maciças) e construção de pilar e viga (estrutura reticulada).

A construção de estacas (*pole structures*) recorre à utilização de elementos de secção geralmente circular utilizando o toro descascado. Nalgumas variações deste tipo construtivo, a estrutura assume a forma de uma reticula ortogonal na qual os elementos de suporte verticais, as estacas, são cravados no solo, estendendo-se até à cobertura ininterruptamente. Os vários elementos da estrutura – postes, vigas, varas e frechais – são, nalguns casos, feitos por samblagem e noutros casos são atados entre si com casca de árvore ou com outra fibra vegetal. O preenchimento da reticula estrutural é feito por elementos de menor secção, réguas ou entrançados de fibras. Com morfologias bastante diferentes, as construções deste tipo ocorrem em locais tão variados como no Sudeste Asiático, na península do Yucatan e na Europa. As palafitas, com a implantação efectuada dentro de água, são um exemplo deste tipo de construção. Outra variação deste sistema consiste na colocação vertical de troncos, como estacas, lado a lado, e foi utilizada durante séculos como sistema de fortificação na

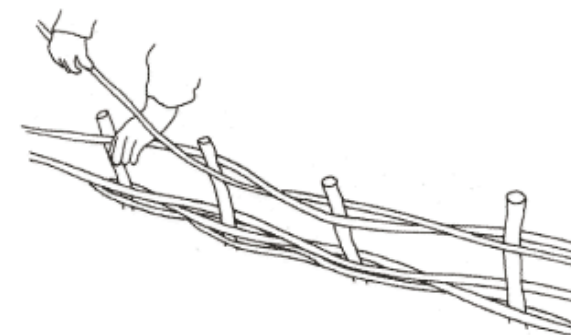


Fig. 3-10 Desenho esquemático de construção de vedação recorrendo a *wattlework*; a forma de entrelaçar varia em complexidade consoante a função. (Zwerger, 2000)



Fig. 3-11 Construção de estacas, Costa Rica; as estacas prolongam-se através dos pisos. (panorâmio)



Fig. 3-14 Construção de estacas, palafita, rio Orinoco, Venezuela. (fonte desconhecida).

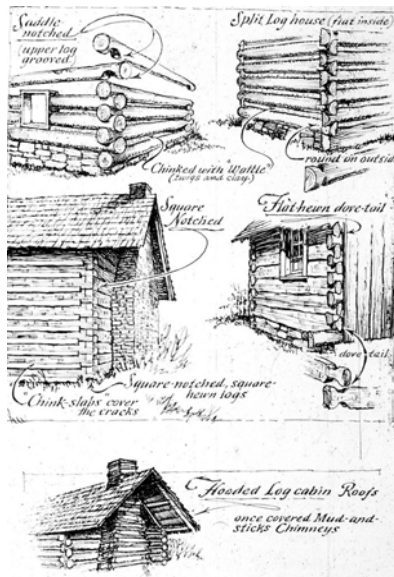


Fig. 3-13 Ilustração Americana do séc. XIX sobre diferentes formas de construir em toros.

Europa. Os elementos verticais Saxónicos da Igreja de Saint Andrew em Greensted, Essex, são uma ilustração desta técnica em arquitectura sagrada, datando do séc. IX. Mas esta técnica teve apenas um uso esporádico. Apareceu, por último, no séc. XIX, em edifícios de fazendas de Queensland, Austrália, onde se utilizaram verticalmente pranchas grandes extraídas de folhosas locais, topejando o pavimento. No entanto, este tipo de construção foi totalmente substituído por pilar e viga assente em pequenas estacas de madeira, vindo a transformar-se no vernacular de Queensland (Pryce, 2005).

Na construção de toros, estes são colocados horizontalmente uns sobre os outros, criando assim paredes interiores e exteriores com função portante. A estrutura é criada levantando-se pelo menos duas paredes perpendiculares em simultâneo, sendo os topos dos toros entalhados para possibilitar o encaixe entre si, de forma alternada, no seu desenvolvimento vertical. Neste tipo de construção, os toros apresentam-se de duas formas: descascados ou em falca (toro esquadriado). Neste último caso, a madeira utilizada corresponde principalmente ao cerne, a parte central do toro que, comparativamente ao borne, se caracteriza por uma maior resistência aos ataques biológicos (fungos e insectos xilófagos). A realização dos entalhes nos toros é feita perto dos topos de cada elemento, pelo menos a uma distância equivalente à largura do toro, para poder mobilizar tensões de corte suficientes. Na construção de toros são utilizados basicamente três tipos de entalhe. A forma mais primária é um tipo de entalhe em forma de sela, no qual é executado um corte semicircular na parte superior e/ou inferior de cada toro para que os dois encaixem. Frequentemente, esta junta é substituída por outra, "secure joint notch", em que o entalhe é feito através de cortes angulares com superfícies planas e em que é necessário entalhar os dois toros. Esta ligação resulta numa união mais estanque pela sua forma e pelo peso próprio da parede. A terceira solução comum é a ligação "half dovetail-joint", cuja estanquidade aumenta conforme a estrutura assenta. As formas dos telhados piramidais e das abóbadas em cebola da arquitectura Russa são uma invenção e consequência directa da construção de toros. A forma facetada das cúpulas é resultado da sobreposição de polígonos de dimensões diferentes, aumentando primeiro a partir da base e reduzindo depois progressivamente até ao fecho.

A construção de pilar e viga, contrariamente à construção de toros ou de alvenaria, não recorre ao peso próprio para estabilidade. Tradicionalmente, os madeiramentos eram unidos através de samblagens, entalhes feitos em positivo e negativo nos elementos de madeira de forma a permitir a união por encaixe. As ligações neste tipo de construção funcionam independentemente da gravidade. Nas diversas regiões do mundo, os edifícios de madeira construídos de pilar e viga são variados, no entanto recorrem todos a variações de alguns tipos básicos de samblagens. O entalhe a meia madeira é simplesmente uma sobreposição de dois elementos desbastados, para que mantenham a mesma espessura de cada membro individual, sendo depois a fixação feita por intermédio de uma bucha de madeira, pregos ou atadura. A ligação mecha e respiga, um pouco mais complexa, implica o recorte ou furo de um elemento onde entra o topo de outro elemento, desbastado até à dimensão do negativo do primeiro. Finalmente, temos a samblagem em bisel (*scarf*), que surge para ligar dois membros longitudinalmente de forma a criar um madeiramento de maior comprimento. No entanto, as samblagens mais complexas são as encontradas no Japão, onde se utiliza também uma outra ligação, a "*bracket set*". Esta ligação, de uma forma simplificada, corresponde à união de várias ligações do tipo mecha e respiga em balanço, unidas entre si, formando um sistema. Assim, é possível reduzir o número de pilares de suporte das pesadas coberturas Japonesas.



Fig. 3-16 Construção de pilar e viga, Den Gamble By, Aarhus, Dinamarca; o preenchimento dos madeiramentos é feito com alvenaria de tijolo. (foto autor)

Os pilares e as vigas são convertidos em paredes através do preenchimento do módulo ou através da aplicação de um revestimento exterior, o forro. O preenchimento do módulo pode ser feito com régua de madeira, com entrelaçados de caniços ou com alvenaria de pedra ou tijolo, enquanto o forro é feito por painéis, régua ou telhas de madeira (*shingles* e *shakes*), rigidificando e cobrindo igualmente a estrutura. Tanto os painéis como as telhas de madeira são elementos finos de



Fig. 3-15 Igreja de Saint Andrew, Essex, Inglaterra; considerado o edifício de madeira Inglês mais antigo no país. (www.geograph.org.uk)

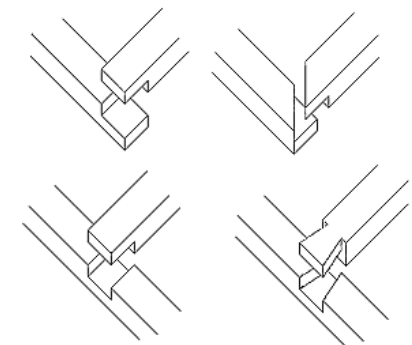


Fig. 3-17 Samblagens a meia madeira--
Lap joint. (des. do autor)



Fig. 3-18 “Braket set” para suporte da cobertura em Shin’yakushiji Hondou, Nara, Japão. (www.aisf.or.jp)



Fig. 3-19 Dexter's Grist Mill, 1654, Sandwich, Massachusetts; o revestimento do moinho de água é de “shingles”. (foto do autor)

revestimento feitos a partir da clivagem de um toro. A madeira é clivada radialmente com uma cunha fazendo com que a peça afile no lado do cerne. As réguas para revestimento, sendo serradas radialmente, ficam com um perfil afilado no sentido do cerne. A diferente espessura das peças colocadas com a parte mais espessa no lado inferior facilita o correr da água da chuva na superfície da parede. Embora outras formas de construção em madeira tenham existido, o sistema de pilar e viga tem sido o sistema utilizado há mais tempo e de maior aceitação.

As técnicas de pilar e viga e de construção de toros coexistiram durante centenas de anos em muitas partes do mundo, tendo-se recorrido a madeira de resinosas e folhosas para ambos os métodos. A construção de toros tem sido predominantemente uma técnica construtiva utilizada somente nos países com densas florestas de coníferas de fuste regular e direito. Uma vez que os troncos das folhosas apresentam uma grande variedade nos seus diâmetros e configurações, a sua utilização implica o falquejamento para a sua utilização em qualquer dos sistemas. No entanto as folhosas, que crescem mais lentamente e com menor densidade na floresta, permitem a utilização de madeiramentos de menores dimensões devido à sua maior resistência estrutural.

A abundância ou escassez de madeira foram condicionantes na forma de construir com este material. Apesar disso, a escassez na disponibilidade da madeira não implicou a sua ausência da paleta de materiais utilizados, mesmo com fins estruturais. A Islândia, situada a norte das florestas boreais, na altura da sua ocupação no séc. IX por povos Nórdicos, não tinha praticamente nenhuma madeira disponível para fins construtivos. Os novos ocupantes da ilha quiseram manter a utilização da construção de madeira a que estavam habituados mas sem recursos para o fazer. A pouca madeira existente provinha de duas fontes: *driftwood*, madeira que chegava a flutuar às costas da Islândia vinda dos rios da América do Norte ou da Sibéria, ou madeira importada dos territórios onde hoje é a Noruega, uma opção muito dispendiosa. Consoante a utilização de *driftwood* excedeu a que o mar trazia, os Islandeses viram-se forçados, cada vez mais, a recorrer à importação. Tiveram, assim, de se habituar à utilização de pouca madeira e de dimensões modestas. Por outro lado, na Noruega abundaram os edifícios exclusivamente construídos de madeira, tanto de construção de pilar e viga como de toros. Porém, a evidência arqueológica indica a existência de situações onde alvenaria de pedra aparecia na construção das paredes, não como uma substituição dos pilares de suporte

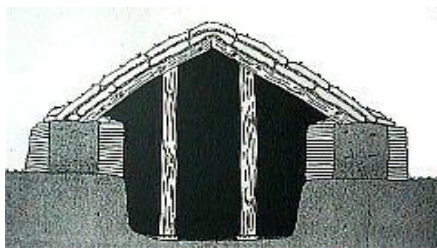


Fig. 3-21 Corte esquemático de uma casa de turfa Islandesa; neste caso os panos exteriores são de pedra e o interior de turfa. (desenho de Steinunn Kristjandottir).

periféricos mas exterior a estes (Zwerger, 2000). Por fim, esta forma de construção foi adoptada para a construção Islandesa e adaptada de forma a acomodar o recurso naturalmente disponível, a turfa (placas de terra vegetal e relva) para as coberturas e paredes. As casas, de implantação aproximadamente rectangular, desenvolviam-se longitudinalmente, sendo criadas três “naves”. Ao longo da casa eram colocadas duas filas de pilares que suportavam o vigamento da cobertura, constituído por varas madres e pilares. A estrutura de madeira era portante, pois as paredes

de turfa não suportavam o peso da cobertura. A construção das paredes era feita com duas camadas de turfa ladeando uma camada interior de gravilha ou pedra partida, para drenagem da própria parede e também da cobertura. A escassez de madeira foi, certamente, um factor importante para o não abandono do sistema com o qual estavam familiarizados. É, de qualquer forma, surpreendente que nunca tivesse surgido a iniciativa de aumentar os beirados para evitar a imensa humidade das paredes. Curiosamente, nas terras altas da Escócia, encontramos construções semelhantes, certamente de influência Viking, onde as coberturas são de colmo, sendo a turfa utilizada exclusivamente para a construção das paredes. Nestas construções, utilizadas até ao séc. XVIII, a relação entre a estrutura de madeira e as paredes de turfa era similar, uma vez que as paredes não suportavam cargas da cobertura.

Os Lapões ou Sami encontraram-se em circunstâncias semelhantes às dos islandeses; habitando um território a Norte do Círculo Polar Ártico – correspondente às Lapónias Norueguesa, Sueca, Finlandesa e Russa –, viviam na orla ou a Norte das florestas de tundra. O seu modo de vida, predominantemente nómada, levou-os a desenvolver uma forma de habitação portátil, de peso reduzido e que pudesse ser rapidamente montada e desmontada. Como a madeira nem sempre se encontrava disponível, os Lapões, em função das circunstâncias, desenvolveram uma forma



Fig. 3-20 Casa islandesa recorrendo à técnica *Klombruhnaus* para colocação dos blocos de turfa que resulta num padrão *Herringbone* ou de espinha de peixe. (www.hurstwic.org)

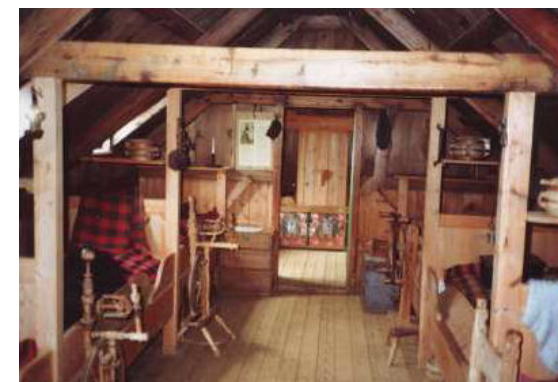


Fig. 3-22 Interior de casa de turfa Islandesa; o mais comum era a o interior não ser revestido a madeira ficando o turfa ou pedra expostos. (www.hurstwic.org)



Fig. 3-24 Casa de turfa, nas montanhas da Escócia; as paredes são de turfa, tendo sido caídas posteriormente. (www.claredunkle.com)



Fig. 3-23 Interior de casa de turfa islandesa; o mais comum era a o interior não ser revestido a madeira ficando a turfa ou pedra expostos. (fonte desconhecida)

engenhosa e simples de abrigo, completa em si e desenvolvida ao seu expoente máximo. Iniciavam uma construção colocando dois postes a formar um pórtico em “A”. Os topos dos postes tinham vários furos que permitiam a inserção de uma fina viga de cumeeira. A colocação da cumeeira fixava e unia os dois postes dianteiros e os dois postes traseiros. Por uma questão de estabilidade, os postes ficavam inclinados para o interior. Para permitir uma adaptação a vários terrenos, cada um dos postes tinha vários furos, permitindo assim um ajuste aquando da sua montagem. Esta união ajustável apresentava uma outra vantagem: os Sami transportavam os abrigos entre cada acampamento arrastando os topos inferiores dos postes pelo chão e os vários furos dos postes permitiam assim medir o progressivo encurtar destes elementos (Zwerger, 2000).

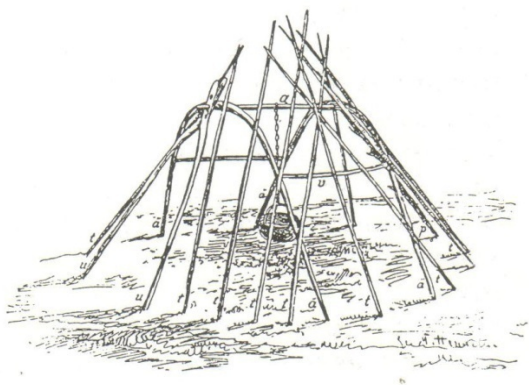


Fig. 3-25 Estrutura de uma tenda Sami. (Zwerger, 2000)

A escassez de madeira no Sul da Península Ibérica resultou num desenvolvimento totalmente diferente durante a ocupação Muçulmana no séc. XII e XIII. Para poderem realizar os tectos em abóbada (remanescentes das tendas Kirghiz do Paquistão e da Turquia) de uma forma rígida, os carpinteiros desenvolveram uma forma construtiva pouco convencional, recorrendo a pequenas réguas e blocos (Fig. 3-26 e Fig. 3-27). O resultado obtido através deste sistema construtivo é impressionante, e o método de ligação entre as várias peças manteve-se inalterado durante séculos. Após a conquista cristã, os carpinteiros muçulmanos continuaram a trabalhar e a aplicar a sua arte criando aquilo a que hoje denominamos de Arte Mudéjar. A utilização de madeira no Sul da Península ocorre principalmente na construção de elementos horizontais, coberturas e pavimentos. Este papel, aparentemente menor, relegado à madeira, deve no entanto ser visto como parte dum sistema e não como um sistema isolado. Na estética Islâmica e Mudéjar, a noção do espaço e da sua delimitação é feita pelas superfícies ornamentais e pelo conceito unitário e global de todos os

materiais empregues, neste caso o estuque, a madeira e a cerâmica decorada. “Os materiais formam uma unidade artística perfeita, actuando como suporte formal do esplendor e das maravilhas sobre elas lavradas ao sabor de técnicas bem determinadas. Os materiais são suportes para os adornos, que podem ser intercambiados para outros materiais e outras escalas. Foi tudo concebido unitariamente com o fim de se alcançar um resultado estético final, um sistema de representação.”(Shubert, 2000). Partilharmos frequentemente uma visão inadequada da construção de madeira nos períodos históricos passados. É-nos fácil apresentar uma imagem de falta de refinamento, mas uma vez que nos debruçemos sobre estas obras, como as do Sul da Península, apercebemo-nos de que estamos perante uma imagem deveras diferente.

Nas montanhas de Ore, situadas entre a Alemanha e a República Checa, na zona de *Sudetenland*, correspondente à Boémia e Morávia e hoje fazendo parte da República Checa, deu-se uma situação diferente da ocorrida na Islândia. Os emigrantes alemães, que ocuparam esta zona durante a Idade Média, adoptaram progressivamente o sistema construtivo tradicional da região, a construção de toros, incorporando-a no sistema de pilar e viga que utilizavam nas suas terras de origem. Este sistema construtivo, denominado "*Umgebinde*", encontra-se ainda presente nalguns edifícios de madeira na zona fronteiriça entre a Alemanha, a Polónia e a República Checa e é caracterizado pela utilização estrutural do pilar e viga para suporte de elementos superiores, sem a contribuição das paredes de toros, elementos com características intrinsecamente portantes. Este desenvolvimento estrutural pode ser atribuído aos emigrantes, devido ao seu conhecimento da construção de pilar e viga. Segundo Zwerger (2000), o motivo desta adaptação deve-se a razões de carácter estrutural, pela qualidade da madeira encontrada nesta região ser inferior àquela encontrada na vizinha Floresta Boémia, onde era usual a construção de edifícios com vários pisos. As árvores desta região crescem com um acentuado afilar do fuste, fazendo com que uma junta estanque seja difícil de obter. Para além disso, a resistência da madeira à compressão é menor. Na procura de uma solução para aliviar as cargas nos troncos, surgiu então a forma "*Umgebinde*". Segundo Breen, o processo foi simplesmente um processo de fusão, tal como o nascimento de um novo dialecto na nova comunidade formada por Eslavos e Germânicos, o *Wendisch*, resultante da fusão das duas línguas.

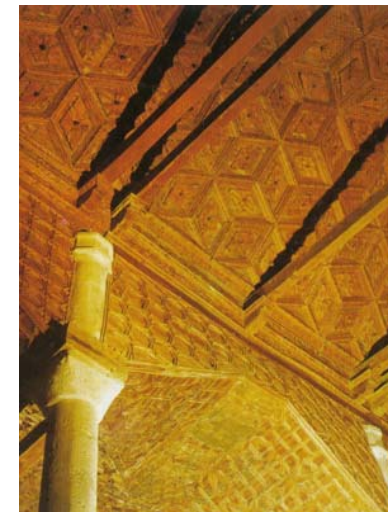


Fig. 3-26 Igreja de San Facundo e San Primitivo, pormenor do tecto, Cisneros. O tecto de madeira funde-se com a alvenaria.(Shubert, 2000)

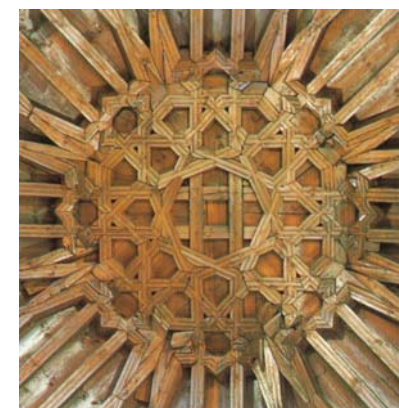


Fig. 3-27 Convento de Santa Catalina, pormenor da cobertura oitavada da Capela do presbitério, Zafra, Espanha; Sec. XIV. (Shubert, 2000)



Fig. 3-29 Casa de construção Umgebinde, Böhmisches, Alemanha. Pouco usualmente o piso superior deste edifício é de toros. (www.boehmen-reisen.de)



Fig. 3-30 Casa de construção Umgebinde, Böhmisches, Alemanha. Este sistema construtivo originou no Sec. XI I, tendo sido utilizado até ao presente. Parte do piso térreo recorre a construção com toros sem que estes contribuam para a transferência de cargas verticais. (panoramio)

Já na Suécia e na Noruega, o processo de cristianização levou à construção de várias igrejas de madeira, construção essa possível devido à grande disponibilidade deste material. Nesta área, entre o séc. XI e o séc. XVII foram construídas milhares de igrejas de madeira e apenas algumas centenas de alvenaria. Das igrejas de madeira, sobreviveram vinte e oito na Noruega e duas na Suécia, resultado de falta de manutenção e, frequentemente, de incêndio. A concepção das igrejas baseava-se numa planta rectangular e tripartida, se bem que as alterações realizadas no séc. XVII tenham convertido algumas plantas originais em plantas de cruzeiro. A construção das naves laterais era feita através de pilares de canto que ligavam a um lintel superior e outro inferior. O preenchimento do espaço entre pilares era feito com tábuas assentes na vertical em alhetas feitas nos lintéis. Os pilares centrais de suporte da nave central consistiam em quatro pilares feitos de toros descascados, embutidos no solo, e que se prolongavam até à cobertura. Estes pilares são frequentemente referidos como *Stave* e daí que esta construção seja conhecida por esse termo. Todos os pilares e lintéis eram feitos a partir de toros de grande comprimento e secção. O sistema de suporte horizontal era feito através de asnas. Este tipo construtivo só foi possível em zonas densamente florestadas e onde existia a tecnologia da madeira.

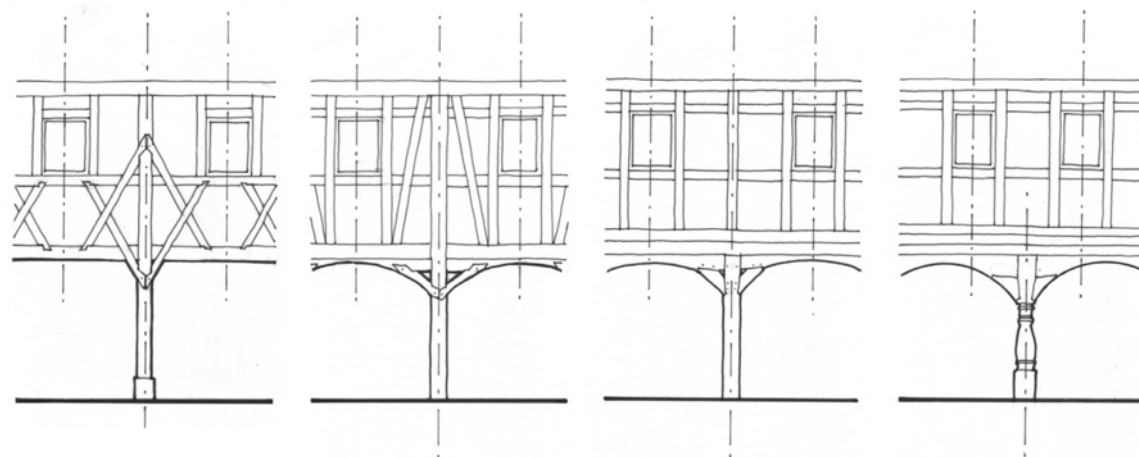


Fig. 3-28 Variações estruturais evolutivas da construção Umgebinde segundo Breen. (Breen)



Fig. 3-31 Igreja em Kiruna, Norte da Suécia; construída no séc XX, esta igreja mostra influências da construção stave assim como da construção de toros do norte da Rússia. (flickr)

Nas áreas da Roménia e da Moldávia, onde a madeira de grandes dimensões não estava disponível, o uso de "wattlework" persistiu, e não apenas para habitação, visto templos e igrejas terem também sido construídos recorrendo a esta técnica. O "wattlework" foi igualmente utilizado na Escócia e na Irlanda, tanto em habitação como em edifícios rurais. No entanto, até recentemente, nalgumas zonas da Roménia onde madeira antiga abundava, foram utilizadas vigas de soleira com quase um metro de largura. Só a abundância de madeira tornou possível a retenção e continuação de métodos de construção tradicionais. De acordo com Zwerger, as igrejas de madeira da Eslováquia que se situam perto da fronteira com a Ucrânia, incluem frequentemente na sua construção elementos com larguras acima de 500mm. Algumas quintas antigas da Noruega incorporam toros com 11m de comprimento, algumas na Suécia e na Finlândia tem tábuas de solho com 1m de largura. Até ao séc. XVII, alguns edifícios de toros na Rússia ainda foram construídos com toros até 12 m de

comprimento e com um diâmetro da coroa que excede 500 milímetros. As vigas de soleira da Igreja da Virgem da Assunção, em Kondopoga, nas margens do lago Onego, Karelia, Rússia, medem 700 mm. No norte da Suíça, colunas de apoio à cumeeira com um comprimento até 16m eram comuns até à cerca de 100 anos. Na Igreja de São João Batista, em Freising, na Bavária, Alemanha, datada do séc. XIV, os carpinteiros acharam normal desbastar 87% da secção para colocarem o pendural de 500mm. A estrutura do telhado da Catedral de São Estêvão em Viena, Áustria, foi construída a partir de 2.889 toros.

Nas regiões e nos períodos históricos onde a madeira existiu em grande quantidade, a construção reflectiu essa abundância, nalguns casos quase levando a um comportamento irresponsável face aos



Fig. 3-32 Igreja de Borgund, Noruega; construção stave. (foto do autor)



Fig. 3-33 Casa construída com wattlework. Projecto de reconstrução da aldeia de Cucuteni. (Univ. de Iasi, Romenia, www.arts.iasi.roedu.net/cucuteni/arheo/casa).



Fig. 3-34 Celeiro construído com paredes de *wattlework*, nas montanhas da Escócia. As paredes, sem serem rebocadas, permitem a ventilação do espaço. A estrutura de forma curva é denominada “*cruck*” e em estruturas maiores construídas com madeira aparelhada resulta nas “*cruck trusses*” ou asnas curvilíneas. (www.claredunkle.com)

recursos utilizados. O custo do material era, muitas vezes, irrisório sendo somente de considerar o custo da mão-de-obra. Assim, não é de admirar que, para se construir um celeiro no séc. XVIII, na Alemanha, com um desenvolvimento em planta de 57x15m e que suportava exclusivamente a cobertura, se derrubassem 25 carvalhos com 200 anos e 100 pinheiros com 120 anos. Nas áreas cobertas por floresta, não só era comum os nomes das populações reflectirem esse facto, como eram dados direitos de abate de madeira para construção em terras senhoriais ou comuns, mais típicas do Norte da Europa. Nas regiões mais remotas do Norte e Centro da Europa, as formas de construção recorrendo a grandes quantidades do material prolongaram-se assim no tempo. Alguns edifícios nas Montanhas de Tatra, o grupo mais alto da Cordilheira dos Cárpatos, na fronteira entre a Polónia e a Eslováquia, testemunham que os seus construtores nunca estiveram particularmente importados com a economia de utilização de material. Segundo relatos do séc. XVII, sabe-se que o transporte da madeira, por vezes, era pago só pela venda da casca e dos ramos, fazendo assim com que a madeira pudesse ser

transportada 30km sem que esse custo fosse imputado ao utilizador dos toros. Para além disso, a criação de feiras e mercados isentos do pagamento de alcavalas incentivava o comércio. Por exemplo, na Espanha medieval, devido às péssimas vias de comunicação e má qualidade dos transportes, era imprescindível acumular mercadorias em determinados pontos da Península. Estas eram vendidas uma ou duas vezes por ano em feiras que beneficiavam de uma isenção de tributos, o que estimulava a actividades dos comerciantes e dos compradores. Já no séc. XII, no reinado de D. Afonso VII de Castela, eram frequentes os privilégios régios que concediam feiras a diversas localidades Castelhanas (Shubert, 2000). A abundância do material, no entanto, nem sempre implicou o seu acesso por todos, como era o caso das classes sociais mais desfavorecidas do séc. XIX,



Fig. 3-35 Igreja da Virgem da Assunção em Kondopoga, Karelia, Rússia; pormenor do cunhal. (Opolovnikov, 1989)



Fig. 3-37 Casa feita com troços de toros; nestas casas os toros de menor secção são colocados perpendicularmente ao plano da parede; Vítanov, Eslováquia. (Zwenger, 2000)

dos sopés das montanhas de Riesen e Adler, na actual República Checa, que eram obrigados a construir as *Scheitholzhäuser*, casas construídas com segmentos curtos de toros de pequeno diâmetro, como lenha, assentes de forma perpendicular ao plano da parede e argamassados com terra.

Somente em casos excepcionais estava o cliente disposto a pagar o custo acrescido do transporte de longa distância. A ponte de *Schaffhausen*, na Suíça, foi considerada suficientemente importante para que fossem trazidos 400 abetos da Floresta de Bregenz, na Áustria (Zwenger,

2000). Na Rússia, os custos e dificuldades associados ao transporte a longa distância foram apenas tolerados para edifícios de grande importância. O processo no Japão foi semelhante, uma vez que, na reconstrução do templo *Shintuista* de *Todai-ji*, os pilares principais foram transportados uma centena de quilómetros.

O uso abusivo da floresta e o relativo apogeu na construção de madeira em cada região e cultura levou a que a extensão das florestas locais diminuísse. O uso pouco criterioso da madeira, sendo este um material abundante, levou a utilizações de escala relativa, ou seja, para vencer vãos maiores recorria-se a secções maiores, usando uma proporcionalidade directa sem que se recorresse a alterações na forma da estrutura. Por esta razão, podemos encontrar na Catedral de Messina, na Sicília, os tirantes da cobertura com um vão livre de 14 m e com secções de 800x450 mm. Esta situação ocorria igualmente na construção de pontes na Suíça. De uma forma mais elaborada, os arquitectos e irmãos Hans Ulrich e Johannes Grubenmann construíram a ponte de *Schaffhausen* sobre o rio Reno, no séc. XVIII, recorrendo a grandes arcos abatidos. Se bem que, aparentemente, se



Fig. 3-36 Igreja da Virgem da Assunção em Kondopoga, Karelia, Rússia. (trekearth.com)

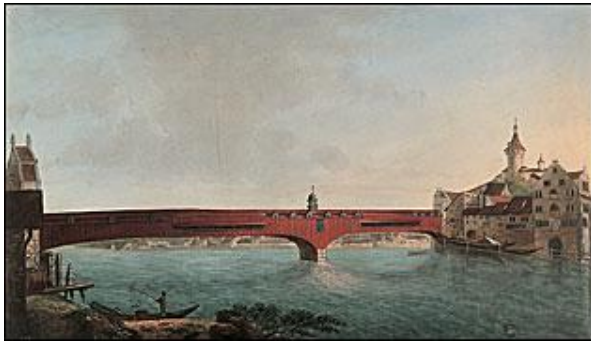


Fig. 3-39 Ponte de Scaffhausen, Suíça, obra dos irmãos Grubenmann, segundo pintura da época. (wikipedia)

tivesse recorrido a um esquema de asna através de linha e pendurais, os arcos eram como grandes vigas lameladas arqueadas, compostas por várias lamelas fixas umas às outras através de ligações mecânicas. Curiosamente, este sistema de ponte coberta surge novamente nos Estados Unidos da América, em Vermont, na ponte de *Taftsville*, em *Woodstock*, no séc. XIX. Progressivamente, neste país, os sistemas das pontes cobertas de madeira foram sendo substituídos por sistemas de asnas.

O crescimento acentuado do número de edifícios na Idade Média causou impacto na Europa. A transição para o Gótico, que excedia o que podia ser feito com madeira, deveria ter atenuado a situação. Mas a procura na utilização da madeira não foi ditada pelos edifícios religiosos, produzidos em pouca quantidade, mas sim pelo volume total de construção. O resultado foi um processo em que o crescimento demográfico causou que as cidades e vilas se expandissem, aumentando progressivamente o problema de disponibilidade do material e respectivo transporte. Por estes motivos, surgiram então construções recorrendo não só a elementos de menor dimensão como também a novos e mais elaborados tipos de ligação. Os *hammer beams* são um exemplo que surgiu no séc. XIV e em que as vigas são, efectivamente, asnas. Estes tipos de asna fazem, frequentemente, as entregas em cachorro de madeira acoplado na alvenaria. Não só a entrega como também o tipo de asna possibilitavam o recurso a peças de menor dimensão. Este tipo de entrega verifica-se

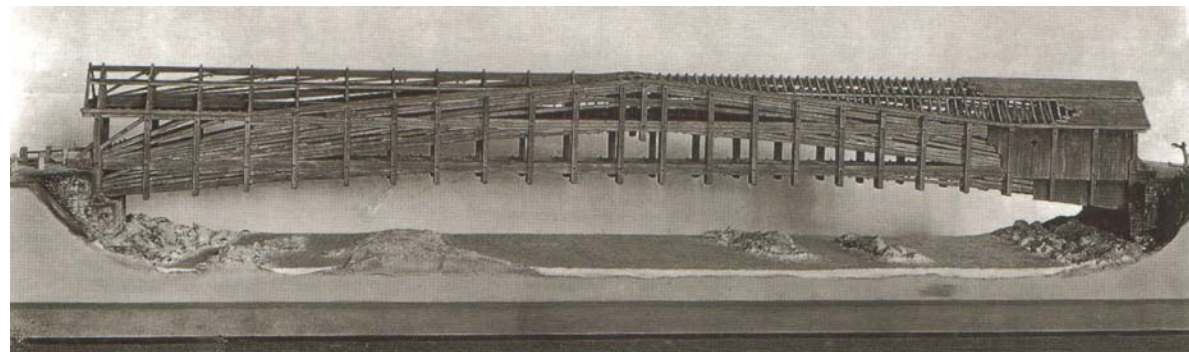


Fig. 3-38 Ponte de Scaffhausen, Suíça. Maqueta no Deutsche Museum, Munique, baseada em desenhos dos irmãos Grubenmann. Esta versão propunha a resolução da ponte sem apoios intermédios que vieram a ser colocados na versão final a pedido do cliente. (Zwenger, 2000)

igualmente nos tirantes de algumas coberturas Mudéjares, sem o recurso a pendurais, como acontecia nas regiões mais a Norte.

Por vezes, a construção de alvenaria resultava de protótipos de madeira. Vitruvius descreveu o nascimento da arquitectura clássica na Grécia como consequência da replicação, em pedra, das técnicas de construção de pilar e viga, características de edifícios de madeira, conferindo os postes a forma à coluna clássica. Os primeiros abrigos, segundo ele, são construções feitas de ramos, folhas e barro. E, conforme o homem reflectia sobre o comportamento destes abrigos, surgiu a cobertura inclinada para melhor escoar a água. Na sua demonstração do processo evolutivo, Vitruvius apresentou exemplos de tribos estrangeiras que ainda, naquela altura, construíam com coberturas de telhas de madeira de carvalho e colmo como em “Gales, Espanha, Portugal e Aquitaine”(Vitruvius, 1986 rep.). No entanto, em Portugal é comum que, ao falar de arquitectura, se visualize uma construção de pedra e cal, esquecendo, no entanto, alguns exemplos de construção de madeira, poucos mas ainda existentes, na arquitectura vernacular de algumas zonas, ou mesmo do papel que a madeira desempenhou no património medieval e pombalino. Não só em Portugal, como em várias partes do mundo, a madeira, como elemento construtivo estrutural, teve um valor relevante e sempre presente. De facto, a primeira exploração arquitectónica foi, provavelmente, uma experiência de construção de madeira. Crê-se que o primeiro abrigo construído tenha sido feito recorrendo a material lenhoso. A madeira teria assim fornecido o primeiro abrigo construído e as técnicas desenvolvidas para ligar os seus vários elementos teriam sido posteriormente adaptadas à construção de alvenaria de pedra e de tijolo. A relativa fragilidade da madeira face a materiais como a pedra ou o tijolo implicou que o número de edifícios sobreviventes seja bastante reduzido e que assim a sua influência na construção de alvenaria não seja tão evidente.

Em Inglaterra, por exemplo, considerava-se que os primeiros monumentos do Período Neolítico eram os círculos de pedra em locais como *Avebury* e *Stonehenge*. Em 1997, no entanto, com a utilização de magnetometria, medindo subtis variações no magnetismo do solo, foi demonstrada a preexistência de templos e círculos de madeira mais antigos em *Stanton Drew*, em *Somerset*. Neste local foram encontrados nove círculos, concêntricos, variando de 23 metros a 95 metros de diâmetro. Os toros de madeira implantados na vertical e com diâmetros inferiores a um metro



Fig. 3-41 Cobertura de asna tipo “hammer beam”.
(fonte desconhecida)



Fig. 3-40 Tecto da Catedral de Santa Maria, Teruel, Espanha; na arquitectura Mudéjar não se utilizava os pendurais; os cachorros nas entregas das vigas ajudavam a encurtar o vão livre. (Shubert, 2000)



Fig. 3-43 Palheiro em Mira, Portugal. (Teixeira, et al.)

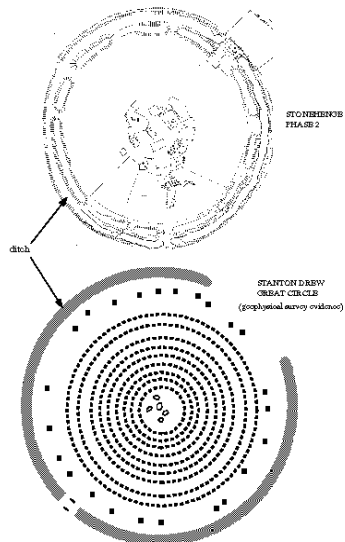


Fig. 3-42 Planta de Stanton Drew, Somerset, Inglaterra, em comparação à de Stonehenge. (Heritage)

encontravam-se com um espaçamento idêntico. Este complexo, com as pedras no centro, era circundado por uma vala de 7 metros de largura e de 135 metros de diâmetro. Este local é, até à data, o complexo de maior dimensão encontrado e representa certamente um imenso investimento e esforço pelos seus construtores, reflectindo o valor dado a estes locais de culto e ritual (Heritage). Surgem então várias interpretações sobre os círculos de madeira e de pedra: Michael Parker Pearson atribui funções distintas para o templo de madeira e pedra e Alex Gibson alega que ambas servem a mesma função e que a utilização de pedra não é mais do que uma substituição do material. É de notar, no entanto, que as uniões das pedras monumentais são feitas com ligações mecha e respiga.

A construção de madeira serviu como referência e protótipo para muitas das principais tradições arquitectónicas de construção de alvenaria no mundo. Na Índia podem ser encontrados exemplos desta metamorfose, baseados em construção de madeira e bambu, na arquitectura Budista, Hindu e Islâmica, onde a utilização da madeira deu lugar à de alvenaria de tijolo e depois de pedra. No séc. III A.C. já tinha surgido a combinação de abóbada esférica e abóbada de berço nas estruturas de madeira. O exemplo mais antigo sobrevivente de um templo isolado é o de *Kapotesvara*, em *Chezarla*, construído em alvenaria de tijolo. Os exemplos sobreviventes mais notáveis são, no entanto, templos esculpidos na rocha – os templos *Chaitya*. Estes espaços, que tiveram utilização Budista e posteriormente Hindu, combinam frequentemente formas rectilíneas e curvilíneas baseadas em estruturas de madeira. Os pilares que definem a nave central no templo de *Bhājā*, que foi escavado nas primeiras décadas do séc. II A.C., foram esculpidos na forma octogonal, tal como os seus protótipos de madeira, e a sua colocação apresenta um desaprumo, como se tivessem que resistir a uma componente horizontal resultante do tecto em abóbada de berço. (Stierlin, Índia, 98) Os tectos cavernosos escavados na rocha incluíam a forma de vigas e, uma vez escavada a nave central, eram colocadas no tecto vigas maciças, curvilíneas, de madeira de teca, pesando 1,7 toneladas cada (Kostoff, 1985). Mas não são só os pilares e as vigas que aludem à construção de madeira; os lintéis e as guarnições dos vãos indicam claramente o trabalho de juntas de madeira. Nestes elementos de pedra foram esculpidas juntas, vigas e até as cavilhas de ligação das samblagens de madeira. A elaborada fachada do templo de *Kondane*, com vários planos projectantes, revela



Fig. 3-47 Fachada do templo de Kapoteskhvara, em Chezarla, Índia. (Stierlin, 1993a)

inquestionavelmente que o seu protótipo só poderá ter sido uma estrutura de madeira.(Stierlin, 1993a)

Com as invasões muçulmanas no séc. XI e XII, os edifícios sagrados e residências reais continuaram a recorrer à pedra como material de eleição. No entanto, a mão-de-obra e influência Hindu ditou e assegurou a continuidade da expressão de formas construtivas de madeira da nova arquitectura Islâmica. No palácio de Akbar, para além dos tectos em abóbada de berço e tectos planos, podemos encontrar tectos cimbrados adaptados

da construção Indiana de madeira. Estes tectos, que assumem uma implantação quadrada ou rectangular, são compostos por uma série de vigas curvas de pedra que suportam outras vigas planas. O espaço entre vigas é preenchido com lajes de pedra (Stierlin, 1993b). A armação das vigas só é estável uma vez que seja garantida a estabilidade das paredes de apoio e, assim, era frequente a utilização de gatos metálicos para a fixação dos elementos de pedra de forma análoga às ligações de madeira. Algumas formas dos templos islâmicos resultam ainda de protótipos de bambu. Na área de Bengala encontramos alguns exemplos desta adaptação nas mesquitas. Devido ao clima chuvoso, foi desenvolvida nesta região uma cobertura em que todos os planos são curvos. A cumeeira e os beirados arqueavam e as varas de bambu, perpendiculares à cumeeira, eram também curvilíneas. Esta cobertura foi adaptada à madeira e à pedra antes das invasões Muçulmanas. Mas como a construção das mesquitas era feita por arquitectos Hindus, a maioria das coberturas das mesquitas têm abóbadas de berço com arcos de ogiva. (Stierlin, 1993b)

Nos países onde abundavam as resinosas e as folhosas era frequente serem ambas combinadas na construção. No Japão, as coníferas, entre elas o pinheiro, o cipreste e o abeto, foram as espécies principais utilizadas na construção, enquanto que a madeira de folhosas, como o carvalho e o



Fig. 3-44 Templo de Kapoteskhvara, em Chezarla, Índia. (Stierlin, 1993a)



Fig. 3-46 Templo de Bhājā, Índia. (Stierlin, 1993a)



Fig. 3-45 Templo de Kondane, Índia. (Stierlin, 1993a)

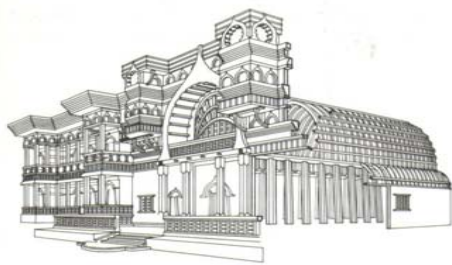


Fig. 3-49 Reconstrução ilustrativa do templo de Kondane, Índia. (Stierlin, 1993a)

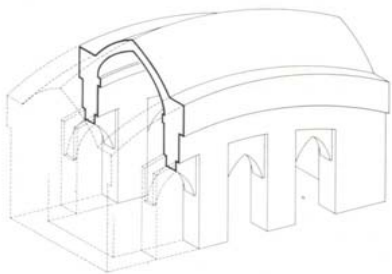


Fig. 3-48 Cobertura abobadada na região de Bengala, Índia. (Stierlin, 1993a)

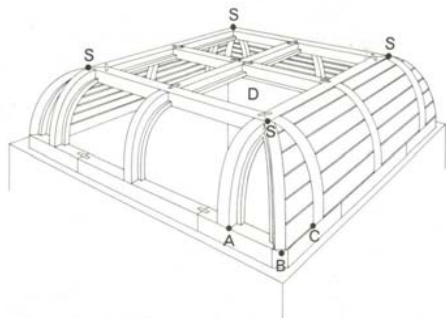


Fig. 3-50 Esquema dos tectos cimbrados do palácio de Akbar, Índia. (Stierlin, 1993a)

castanheiro, era utilizada principalmente para mobiliário e instrumentos. A fonte mais apreciada de madeira era o cipreste. O *Hinoki* era a espécie de madeira mais popular para a construção de um edifício, talvez só superada por *ma-ki*, ou “a madeira verdadeira”, que era imensamente admirada durante o período Edo (1603-1867), a ponto do seu uso ser reservado para os membros mais importantes da classe samurai.

É difícil, nos nossos dias, imaginar quão corrente foi a construção de madeira. Ainda no início do séc. XIX, cidades como Estrasburgo, Rouen, e Nova York tinham tantos edifícios de madeira como de alvenaria; Moscovo, Tóquio, Banguécoque e Pequim tinham ainda mais. Neste período, a madeira era ainda o material de construção mais popular na maior parte da Europa Ocidental, Central e do Norte, América do Norte, Sudeste Asiático e Japão.

Em Portugal, a presença da madeira na construção manteve-se até ao início do séc. XX. Em Lisboa, devido ao sismo de 1755, são poucos os exemplos de edifícios de estrutura de madeira de construção medieval que tenham sobrevivido. Porém, no Porto e em Guimarães, ainda se encontram numerosos exemplos. Em Lisboa, a preocupação de evitar novas catástrofes levou a que um conjunto de engenheiros militares, entre eles Manuel da Maia, Eugénio dos Santos e Carlos Mardel, concebesse um sistema construtivo racional com grande resistência aos sismos, recorrendo a uma estrutura de madeira, a gaiola (Appleton, 2005b). Este sistema foi aplicado na Baixa Pombalina e em Vila Real de Santo António, no processo de reconstrução destas cidades. O sistema construtivo baseava-se na construção de uma gaiola de madeira, constituída por prumos, travessanhos e cruzetas. Uma vez construída a estrutura de madeira, os espaços entre os madeiramentos eram preenchidos com alvenaria de pedra e tijolo. Em caso de sismo, os



Fig. 3-51 Hinoki ou falso cipreste, Japão. (fonte desconhecida)

edifícios estavam concebidos para que a alvenaria se soltasse enquanto que a estrutura de madeira continuaria a sustentar o edifício. Este tipo de construção foi progressivamente sofrendo degenerações até à sua última expressão nos edifícios gaioleiros de Lisboa, construídos até cerca de 1930. Nestes edifícios, permaneceram alguns elementos de madeira como os tabiques, as paredes interiores geralmente perpendiculares à fachada e construídas com tábuas de madeira (costaneiras), fasquiadas e rebocadas. Estes elementos tinham já perdido a sua função estrutural, excepto nos edifícios de pior construção (Appleton, 2005b). Para além das paredes, a madeira surgia na construção dos pavimentos, sendo frequente o vigamento contínuo entre a parede frontal e a posterior, nalguns casos alcançando os 18m de comprimento. Os apoios intermédios eram garantidos pelas paredes interiores de tijolo, de construção paralela à fachada frontal. Os edifícios gaioleiros representam não só o expoente do processo degenerativo da gaiola pombalina como reflectem igualmente o processo gradual do apagar do sismo da memória colectiva. Estes edifícios foram os últimos a recorrer a madeira como elemento estrutural sendo posteriormente este material suplantado pelo, então novo, betão.

As características de cada povo que recorreu à construção de madeira variaram de cultura para cultura. Em muitas sociedades, a capacidade de construir uma habitação de madeira era um pré-requisito de cada grupo familiar e noutras sociedades existiram tradições de carpintaria profissional com milénios. Na Alemanha, por exemplo, já em 350 AC os Godos utilizavam trabalhadores denominados carpinteiros; na Áustria, o termo “carpinteiro” (*Zimmermann*) era completamente desconhecido nalguns distritos até meados do séc. XIX. Nestas zonas, assim como noutras zonas rurais do mundo, os agricultores construíram as suas próprias habitações e edifícios de apoio agrícola até ao séc. XX. No Norte da Rússia, a familiaridade e competência na construção de madeira era uma faceta tão integral da vida que era frequente os comerciantes transportarem as suas ferramentas para construírem os seus entrepostos nos locais onde se instalassem. Se bem que a familiaridade com a construção de madeira fosse extensa, a construção da maioria de igrejas Russas foi trabalho de carpinteiros profissionais e, devido a registos, ainda hoje conhecemos o nome de alguns.

No Japão, o carpinteiro era um profissional de grande estatuto. Os carpinteiros não só estavam organizados em associações profissionais há séculos, como também os templos mais importantes



Fig. 3-52 Palácio dos Duques de Bragança, Braga. (foto do autor)



Fig. 3-53 Baixa Medieval de Guimarães, Portugal. (foto do autor)



Fig. 3-54 Estrasburgo, França. (foto do autor)



Fig. 3-55 Rossio, Vila Real de Santo António, Portugal; reconstrução Pombalina. (foto do autor)

tinham os seus próprios carpinteiros residentes, geralmente acomodados na vizinhança do templo, sendo-lhes permitido manter trabalho exterior. Compreensivelmente, a aprendizagem de carpintaria no Japão era um acto com carácter quase religioso. Em parte, este facto reflectia a complexidade dos edifícios de madeira Japoneses, onde o conhecimento e arte necessários para os executar só poderiam ser fruto de um longo processo de aprendizagem.

A madeira tem demonstrado ser um material com um bom desempenho em condições climáticas variadas. É um excelente isolamento térmico e os edifícios de toros da Escandinávia e Rússia transformaram o Inverno rigoroso em tolerável. Em 1591, o diplomata Inglês Giles Fletcher referiu a adequabilidade das casas de madeira Russas: "Este edifício de madeira parece muito mais adequado ao seu país do que um de pedra ou tijolo, pois seria mais frio e húmido do que estas habitações de madeira, especialmente de abeto, que é uma madeira quente e seca." (Pryce, 2005)

A madeira tem um rácio resistência / peso próprio muito elevado. O espruce e o pinho, por exemplo, conseguem fornecer a mesma resistência com uma estrutura dezasseis vezes mais leve do que uma de aço e cinco vezes mais do que uma de betão (Pryce, 2005). O peso reduzido dos materiais das construções de pilar e viga tem permitido que os mesmos sejam transportados em função da vida dos seus habitantes. Quando indivíduos se casavam ou morriam, as suas casas podiam ser reutilizadas na totalidade ou em parte noutra local. Para além disso, no Extremo Oriente, na Indonésia e na costa ocidental de América do Norte, a flexibilidade inerente deste tipo de construção fez com que conseguisse resistir a sismos de uma maneira que a construção de alvenaria, que recorre ao peso próprio para o seu funcionamento como sistema, nunca conseguiu fazer. Historicamente, Portugal capitalizou estas propriedades da madeira para desenvolver a gaiola, facto reconhecido pelos viajantes ingleses Richard Twiss em 1772 e James Murphy em 1795, quando escrevem sobre a sua visita a Portugal, relatando o processo construtivo e a sua adequabilidade aos sismos.

Para além da maior ou menor disponibilidade da madeira, as ferramentas utilizadas para trabalhar o material condicionaram as técnicas usadas. A ferramenta mais importante foi, sem dúvida, a mente humana. Porém, foram outras ferramentas, subordinadas à mente e à criatividade, que serviram

para dar forma a ligações e aos próprios elementos de madeira de uma forma que a mão humana, por si, não conseguiria.

O trabalho de *wattlework* foi talvez o único que poderia ser executado recorrendo só à mão humana. A construção de *wattlework* era feita com ramos de árvores ou arbustos que apresentassem elasticidade suficiente para poderem ser cruzados e entrelaçados à mão. Este tipo de construção, em certas partes da Europa, sobreviveu até ao séc. XX e ainda hoje é utilizado no Japão em construção tradicional. Se bem que o recurso a esta técnica construtiva para a criação de um abrigo ou edifício resultasse frequentemente em formas curvas, a sua aplicação para formação de paredes numa estrutura de pilar e viga resultava num plano rectilíneo. Da Idade do Bronze até à Idade Média, os Irlandeses e outros povos Celtas construíram edifícios com paredes duplas de *wattlework*. O espaço entre os dois panos era preenchido com material orgânico, turfa, e nenhuma das superfícies era rebocada. Na aplicação de *wattlework* em estruturas de pilar e viga, a forma mais frequente de aplicação do painel era feita com terra a servir de revestimento interior e exterior. As paredes construídas desta forma assemelhavam-se de certa forma às paredes de taipa, onde o ripado era constituído pelo entrelaçado. Na construção vernacular Japonesa ainda hoje se recorre a esta técnica construtiva para a construção de paredes e, na versão sem terra, para a construção de vedações. Contudo, o *wattlework* sem revestimento era aplicado em edifícios sem ocupação humana, como por exemplo celeiros. É desta tradição construtiva que se crê que provenha o hábito de revestir o exterior de construção com toros nas zonas da Polónia, em *Sudentenland* e na zona dos Cárpatos. A aplicação de terra como revestimento em construção de madeira era também conhecida na Península Ibérica, na Inglaterra e no Norte da Europa.

O atar de elementos de madeira com fibras vegetais foi uma extensão deste conceito. Estas ligações eram facilmente executadas e não requeriam que os elementos a unir fossem trabalhados. Algumas escavações feitas numa povoação neolítica em *Federsee Moor*, na Alemanha, revelaram que as



Fig. 3-56 Enxó com lâmina de aço. 8(fonte desconhecida)



Fig. 3-58 Casa de construção de toros, Skansen, Suécia. (foto do autor)



Fig. 3-57 Preenchimento das paredes com wattlework para receber revestimento de terra, Cucuteni, Moldávia. (Univ. de Iasi, Romenia, www.arts.iasi.roedu.net/cucuteni/arheo/casa).



Fig. 3-59 Vedação feita de pedra e wattlework de bambu, Arashiyama, Kyoto, Japão. (flickr)



Fig. 3-60 Aldeia de Unteruhldigen, Lago Constância; pormenor de guarda com elementos forçados – Pfahlbau museum, Alemanha.(Schweitzer, 2005).

estruturas de pilar e viga se sustinham pelo facto dos vários elementos estarem atados. Esta técnica foi bastante comum na construção de paliçadas, onde os postes eram atados na base e no topo. Na Idade Média, esta forma de ligação foi muito popular na construção de andaimes: as ligações eram fáceis de montar e desmontar e os madeiramentos necessitavam de pouco trabalho. Esta forma de ligação permite a união de elementos mais esguios, permitindo até formas curvas caso os elementos unidos sejam suficientemente esbeltos. No caso de pilares, e onde necessário, o aumento de secções era possível através da duplicação de elementos. Em 1938, o arquitecto Alvar Aalto recorreu a esta técnica vernacular na construção de alguns pilares da Villa Mairea, em *Noormarkku*, na Finlândia. A ligação de dois elementos atados com ramos ou casca, em Sueco, é chamado “*knut timra*”, que quer dizer “fazer uma ligação por carpintaria”(Zwenger, 2000). No Japão, esta técnica foi também bastante comum durante todo o Período Neolítico (10000 a 300AC) sem recurso a ferramentas. Ainda podemos encontrar vestígios deste tipo de ligações na China, onde os andaimes de bambu são unidos com fibra vegetal.

Talvez o primeiro passo na utilização de ferramentas tenha surgido na sequência do uso de elementos forçados para suporte das cumeeiras, criando assim o desejo de adaptar troços de madeira às peças forçadas ou adaptar outras a essa forma. Durante o Período Neolítico existiram basicamente três ferramentas de percussão para cortar e trabalhar a madeira, todas com lâminas de pedra: o machado, a machadinha e a enxó. O machado era utilizado para o abate (apresentando por vezes a forma de cunha), a machadinha (mais pequena e afiada) para a limpeza do fuste e a enxó para desbastar, facetar e furar. Estas ferramentas permitiram a transformação do fuste num tronco facetado e a criação de peças de suporte forçadas. Nesta altura surgem também as facas de madeira, mais comuns e com um carácter mais especializado no Nordeste da Europa, e o buril, bastante comum e servindo para fazer obturações (Leroi-Gourhan, 1971a). Não é surpreendente, assim, que tenha sido nesta altura que tenha surgido a porta, pois já era possível criar-se um eixo e as respectivas entregas no pavimento e no lintel. (Zwenger, 2000)

Com a descoberta do bronze, foi dado outro avanço qualitativo nos métodos de trabalhar a madeira, não porque o bronze fosse um material incomparavelmente melhor do que a pedra para trabalhar a madeira mas sim porque, pela primeira vez, as ferramentas podiam ter a forma que se pretendesse.



Fig. 3-61 Pilares atados com corda de fibra vegetal; entrada para a sauna, Vila Mairea, Noormarkku, Finlândia. (falcon.jmu.edu/~tatewl/AALTO/)

frequentemente, a edifícios com estrutura de pilar e viga, com ligações por samblagens e madeiramentos expostos. No entanto, a construção de madeira reflecte simultaneamente uma grande variedade e semelhança. Recorrendo ao mesmo material, com maior ou menor facilidade, com ferramentas semelhantes, diferentes povos, de diferentes regiões e culturas, adaptaram a construção de madeira às suas realidades e necessidades, dando-lhe expressões construtivas únicas.

É desta forma que o buril é substituído pelo trado, uma broca com uma travessa na ponta para facilitar o seu manuseamento (Leroi-Gourhan, 1971a). A construção de toros é uma invenção da Idade do Bronze, sendo que estas ferramentas permitiram a sua execução com o rigor necessário para os entalhes dos cantos (Zwerger, 2000). Mas é no entanto, na Idade do Ferro, que surgem as ferramentas que permitem as ligações de madeira que nos são familiares hoje em dia. A criação e divulgação da broca, uma das ferramentas cruciais neste desenvolvimento, permitiu a execução de furos cilíndricos com exactidão, fazendo com que a aplicação de buchas se transformasse num elemento essencial de cada junta. De forma similar, a cunha transformou-se progressivamente no troço (ou cavilha, quando mais pequena) usado predominantemente na Europa Central e do Norte.

O termo construção de madeira refere-se,



Fig. 3-63 Casa em Toro, perto de Shizuoka, Japão; período Yayoi (300 AC a 300 DC); toda a estrutura da cobertura é atada com fibras vegetais. (Schweitzer, 2005)



Fig. 3-62 Pormenor de cunhal de construção de toros, Skansen, Suécia. (foro do autor)



Fig. 3-64 Templo Kongobu-ji (Budista), montanhas Kii, Garan, Japão. (fonte desconhecida)

4 Sistemas correntes de construção de madeira

4.1 Construção maciça

Em habitação unifamiliar, este tipo de construção é o mais comumente comercializado na Europa e goza de enormes nuances estilísticas. Comum a todos os fabricantes é o aspecto de casa de montanha dos Alpes ou da casa de floresta da tundra Sueca. Os modelos oferecidos são

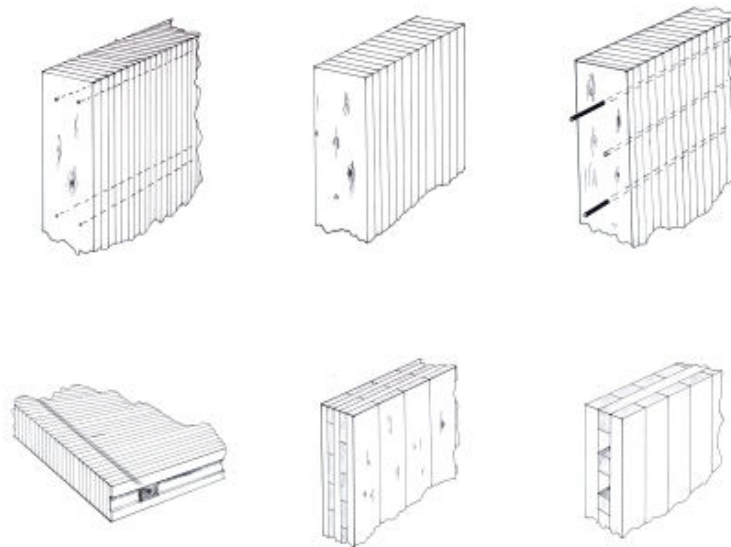


Fig. 4-1 Imagens de painéis de madeira maciça (Kristensen, 1999)

frequentemente oriundos da Alemanha, Suécia, Letónia e Canadá. As empresas que comercializam e fabricam este tipo de estruturas são geralmente oriundas de zonas onde abundam as florestas de coníferas, devido ao facto de, para a construção maciça de toros, ser necessário madeiramento que forneça fustes razoavelmente apurados e longos. Estas casas surgem na forma de *kit*,

prefabricadas, com vários modelos predefinidos e que geralmente correspondem a variações no número de quartos, de T0 a T6.

Sendo este um tipo de construção onde as paredes assumem um papel portante, a sua construção insere-se, na sua maioria, num dos seguintes sistemas:

- Toros de madeira maciça (em falca ou toro)
- Painéis maciços de madeira lamelada

O primeiro caso é o mais comum na oferta deste tipo de construção, pois numa casa de toros tradicional as paredes são executadas através da sobreposição de toros, uns em cima dos outros até se formar a parede com a altura pretendida. A estabilidade entre paredes é garantida pela samblagem entre toros de paredes perpendiculares entre si. Para melhorar a estanquidade das paredes, os toros assumem a forma de falcas que são topiadas em faces opostas (faces de contacto), para criar uma ligação macho-fêmea entre elementos. Um dos lados da parede pode ser forrado com um sistema de montantes e travessas de forma a criar uma caixa com isolamento térmico suplementar. Neste tipo de estrutura, o pavimento térreo é frequentemente formado por uma laje de betão, enquanto a laje do primeiro andar recorre a uma armação de vigotas ou, eventualmente, a um pavimento de madeira maciça similar ao das paredes. O sistema de pilar e viga pode ser utilizado em situações onde exista um espaço de pé direito duplo e não existam paredes de suporte ao piso superior. Surgiu recentemente, no mercado nacional, uma série de pequenos edifícios de apoio de jardim recorrendo a este sistema construtivo. Estas estruturas são assim de pequena implantação, de piso térreo e, portanto, com sobrecargas pequenas e como se trata de estruturas de apoio, não são climatizadas e, logo, as suas paredes são de menor espessura. A tecnologia construtiva é muito similar à descrita para a construção de toros de madeira maciça, com excepção de que as falcas, sendo de muito menor dimensão, parecem-se mais de facto com travessas sobrepostas do que com toros. Recorrendo a modelos de maior implantação, por vezes através da repetição de um módulo, encontram-se os casos onde estas estruturas têm sido utilizadas como *Bungalows* e mesmo segunda habitação.



Fig. 4-2 Kindergarten, Heilbronn, Alemanha, construção *Brettstapel*, as lajes de cobertura e pavimento elevado são da mesma construção das paredes; (Bernd Zimmermann, Arq.).

O sistema de construção com painel maciço de madeira lamelada com buchas de madeira, comercializado com a denominação *Massiv*, é recente e vem concorrer com o sistema alemão *Brettstapel* (régua pregadas) dos anos 90 (Hiwo, 1996). No sistema *Brettstapel*, as paredes e os pavimentos consistem em painéis maciços de régua lamelada, em que a fixação das lamelas é feita por pregagem sucessiva de uma camada à anterior. Em nenhuma das formas de fixação é utilizada cola. As paredes são fabricadas piso a piso para criar apoio para o pavimento e para a cobertura. As paredes exteriores recebem um acabamento, na forma de forro exterior, enquanto as superfícies interiores podem ser deixadas no seu estado natural. Este sistema maciço, prefabricado, permite a colocação das infraestruturas em fábrica através de um processo de roços abertos nos painéis de parede recorrendo a um processo de CAD-CAM. As lajes, devido ao processo de fabrico, têm um funcionamento unidireccional. O sistema *Massiv* substitui a pregagem por buchas de madeira e altera a composição das paredes para uma construção multi-camada (Fig. 4-3). Neste sistema, a parede é constituída por um núcleo de madeira colocado na vertical e forrado em ambos os lados com camadas sucessivas de régua dispostas na horizontal, vertical, e diagonal (Thoma, 2008). A fixação destas camadas é feita através de buchas de madeira colocadas no plano perpendicular ao painel, de forma a atravessar todas as camadas. A colocação das buchas é feita com um baixo teor em água da madeira para permitir o seu inchamento em serviço. Neste tipo de construção, as lajes surgem de duas formas: um sistema maciço similar ao das paredes, ou um pavimento aligeirado do tipo *stressed skin panel*. Neste caso, cada painel resulta da fixação de tábuas de solho nas faces superior e inferior de duas vigotas. A configuração assim obtida é a de um duplo I. Para fixação e interacção dos painéis, as tábuas de solho têm os topos e os cantos em macho-fêmea.

O exterior das paredes é forrado, enquanto as superfícies interiores podem ficar no seu estado natural, caso não recebam infraestruturas. Como a colocação das infraestruturas é similar ao sistema *Brettstapel*, as paredes recebem a maior parte das cablagens e tubagens em roços executados em fábrica, implicando assim a aplicação de um recobrimento interior.

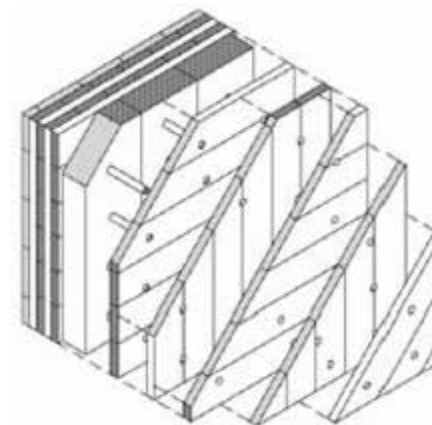


Fig. 4-3 Ilustração de construção de parede maciça, comercializado com a denominação “Massiv”. (Thoma, 2008)

4.2 Pilar e viga

O sistema de pilar e viga tem sido o sistema de maior utilização ao longo da história e, no caso particular de Portugal, a sua utilização corrente cessa com o fim das estruturas Gaioleiras do início do séc. XX e a respectiva introdução do betão como material de eleição. Constituído por um sistema primário reticulado de pilares e vigas e um secundário de contraventamento nas paredes e pavimentos, este tipo de estrutura não tem hoje expressão na construção em Portugal. No entanto, devido ao património Medieval, Pombalino e Gaioleiro existe uma realidade que recai no foro da reabilitação.

Recentemente, no entanto, tem surgido alguma oferta deste tipo de estruturas, assente na tecnologia dos lamelados colados e tendo como alvo estruturas com vãos maiores do que os encontrados em habitação. A oferta recai sobre soluções que incluem estruturas porticadas, vários tipos de arcos de três rótulas e estruturas espaciais. Estas estruturas estão vocacionadas para pavilhões e edifícios do género, mas não para habitação. Os sistemas e estruturas correntes deste tipo enfatizam a estrutura reticulada e o plano de construção da cobertura fazendo com que as paredes exteriores sejam, por vezes, de alvenaria. Estes sistemas são oferecidos como alternativas às soluções correntes de aço e betão armado, no entanto, a falta de apresentação de uma solução integrada que incorpore toda a envolvente construtiva limita a sua utilização em edifícios de habitação.

4.3 Sistema aligeirado em plataforma (*Light Framing*)

4.3.1 A evolução do sistema: de *braced framing* a *platform framing*

A abundância e a dimensão das florestas norte-americanas levaram, naturalmente, à utilização da madeira como um material de construção favorecido. A construção de madeira generalizou-se, não só pela disponibilidade e elevada qualidade da matéria-prima, mas também porque os colonos traziam consigo conhecimento sobre construção em madeira.

As primeiras construções, não indígenas, que surgem nos Estados Unidos são as casas de toros. Estas construções reflectem um grau tecnológico reduzido devido à escassez de meios de transformação da matéria-prima.

À medida que a colonização foi avançando, a densidade e o número de aglomerados populacionais apresentou outras oportunidades e necessidades construtivas. Enquanto o modelo construtivo do colono na fronteira era o da casa de toros, nos aglomerados populacionais a construção seguiu os modelos construtivos Britânicos, Alemães e Escandinavos permitidos pelos meios de transformação da madeira mais completos. Paralelamente, a colonização inicial dos estados do Sudoeste, feita pelos Espanhóis, seguiu um modelo construtivo de alvenaria de adobe.

O sistema construtivo utilizado nos aglomerados populacionais, com outra tecnologia disponível foi, em todas as suas variações, baseado nos modelos europeus. Este sistema construtivo de madeira com estrutura portante de armação com contravento (*Braced Framing*) utilizava madeiramento de dimensões grandes e implicava a colocação de tirantes nos cunhais e aberturas para contraventamento das paredes. As ligações entre elementos eram feitas com entalhes para assegurar a correcta ligação das peças.

A necessidade de construir com velocidade e economia levou ao aparecimento do sistema construtivo de madeira com estrutura aligeirada de armação em balão (*Balloon Framing*). A abundância e dimensão dos toros disponíveis - por exemplo as árvores de *Douglas Fir*, no seu estado virgem têm entre 30 e 60 m de altura - permitia a construção de paredes com prumos contínuos em

todo o seu desenvolvimento vertical. Se considerarmos o sistema *Balloon Framing* como uma evolução do sistema de pilar e viga, os prumos surgem em substituição dos pilares. Para que estes elementos verticais pudessem tirar partido da dimensão da madeira disponível foi necessário reduzir a sua secção e, naturalmente, o seu espaçamento, para tornar o seu manuseamento possível. Assim, os elementos do sistema passaram a ter dimensões normalizadas, baseadas numa espessura de 3 polegadas (76 mm) e largura em incrementos de 2 polegadas (50 mm), começando com uma dimensão de 5 polegadas (130 mm). A armação em balão eliminava também, em grande parte, a utilização de entalhes nas ligações entre elementos, favorecendo uniões mais simples feitas com pregos.

O sistema de armação em balão viria mais tarde a mostrar-se ineficiente no seu desempenho estrutural em zonas de actividade sísmica. Como as vigotas de pavimento eram suportadas por um frechal colocado na face interior dos prumos, a transferência de cargas entre os pavimentos e as paredes era inadequada. Outro factor de ineficiência que veio a mostrar-se relevante neste sistema construtivo foi a facilidade de transmissão de fogo pelo espaço vertical contínuo entre prumos. Os prumos, com a altura do edifício, tornaram-se também num factor negativo, pois implicavam obrigatoriamente a aquisição de madeira de grandes dimensões, que nem sempre estava disponível ou era conveniente, devido às dificuldades de transporte. As grandes dimensões dificultavam igualmente a execução das fases iniciais da construção da armação.

No virar do séc. XIX surge um sistema híbrido entre o sistema de armação de balão (*Balloon Framing*) e o sistema de armação com contraventamento (*Braced Framing*). Este novo sistema construtivo, *modern braced framing*, assimilou o melhor de ambos os sistemas. Os prumos voltaram a ter a altura de um piso mas retiveram as dimensões e o espaçamento menores da armação em balão. O recurso a entalhes na ligação entre elementos foi mantido mínimo. Uma inovação do sistema consistiu na aplicação de forro de tabuado assente na diagonal em paredes exteriores e pavimentos melhorando o funcionamento de contraventamento do forro.

Este sistema construtivo de madeira com estrutura aligeirada de armação com contraventamento (*Modern Braced Framing*) é posteriormente modificado para melhorar o seu desempenho a cargas

horizontais, como as dos sismos. É desta forma que surge o sistema construtivo de madeira com estrutura aligeirada de armação em plataforma (*Platform Light Framing* ou *Western Framing*).

A modificação principal deste sistema verifica-se na interrupção dos elementos verticais (paredes) pelos elementos horizontais (pavimentos e cobertura). Esta alteração a nível construtivo permitiu uma melhor interligação entre os pavimentos e as paredes resultando assim numa capacidade de transferência de cargas horizontais mais elevada. A construção dos pavimentos antes do levantamento de cada piso superior vem facilitar também a construção da estrutura pela mobilidade que oferece aos carpinteiros. Com o sistema de armação em plataforma as dimensões do madeiramento são alteradas para um série dimensional menor, baseada no módulo de 2 polegadas (50mm) tanto em espessura como em largura. Neste sistema surge pela primeira vez o contraplacado como elemento de forro estrutural em pavimentos e paredes exteriores, em substituição das régua de madeira.

O sistema de armação em plataforma, assim como a sua versão anterior de armação com contraventamento (*Modern Braced Framing*), baseia-se em elementos construtivos de dimensões reduzidas e leves, permitindo assim que a construção seja efectuada quase exclusivamente com trabalho humano. Salvo em casos onde são utilizadas vigas de maior dimensão, tornando imprescindível meios de elevação mecânica, a movimentação e o transporte dos prumos e das vigas é feita pelos carpinteiros. O sistema de armação em plataforma permite igualmente uma construção mais rápida devido ao tipo de ligação entre os pavimentos e as paredes.

BRACED FRAMING

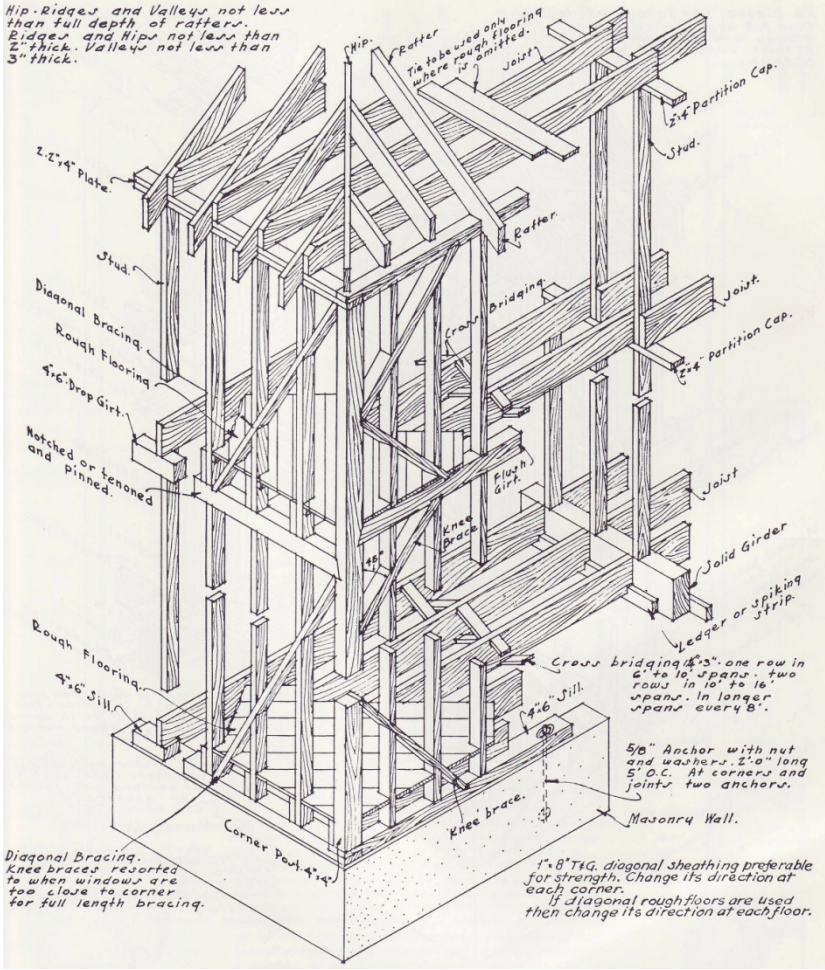


Fig. 4-4 Braced Framing(Belle, et al., 1991)

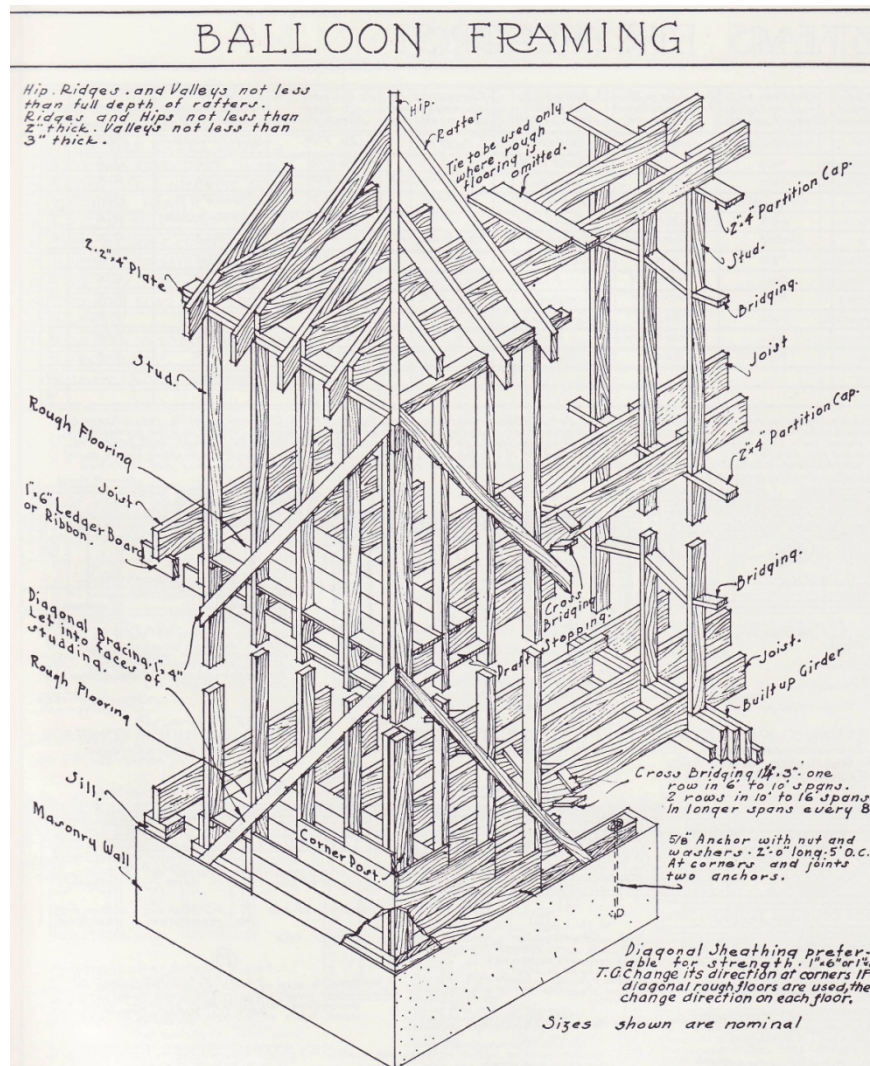


Fig. 4-5 Balloon framing (Belle, et al., 1991)

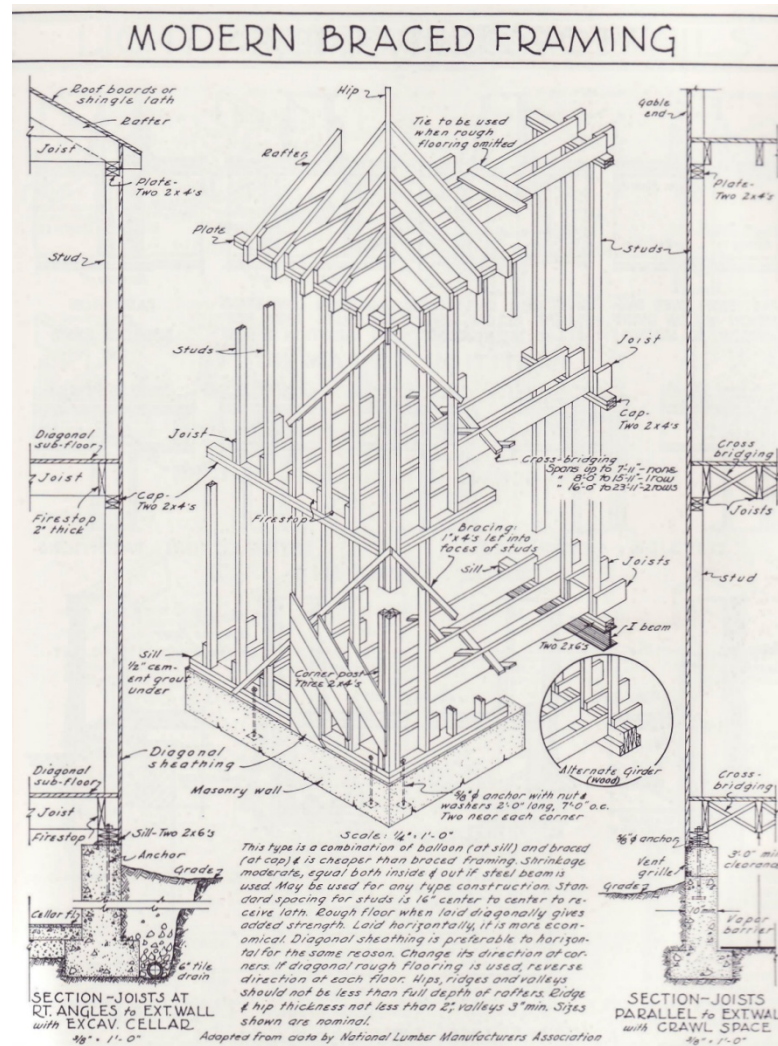


Fig. 4-6 Modern braced framing(Belle, et al., 1991)

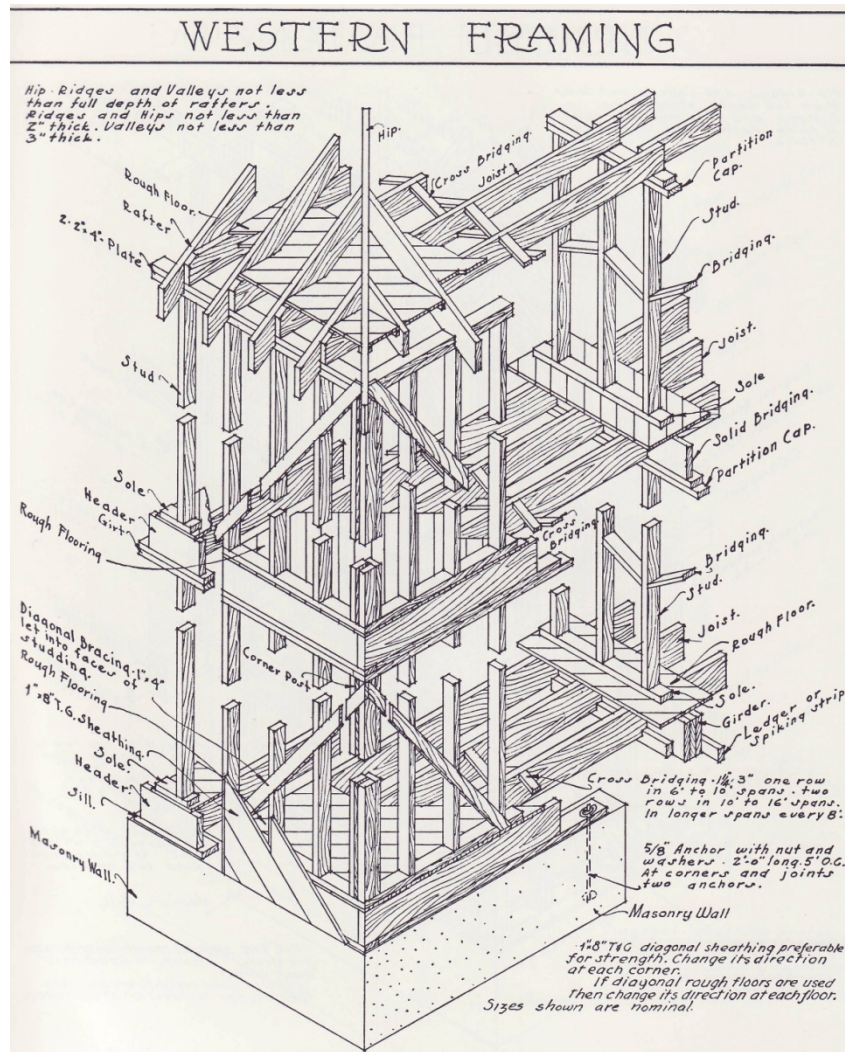


Fig. 4-7 Western framing(Belle, et al., 1991)

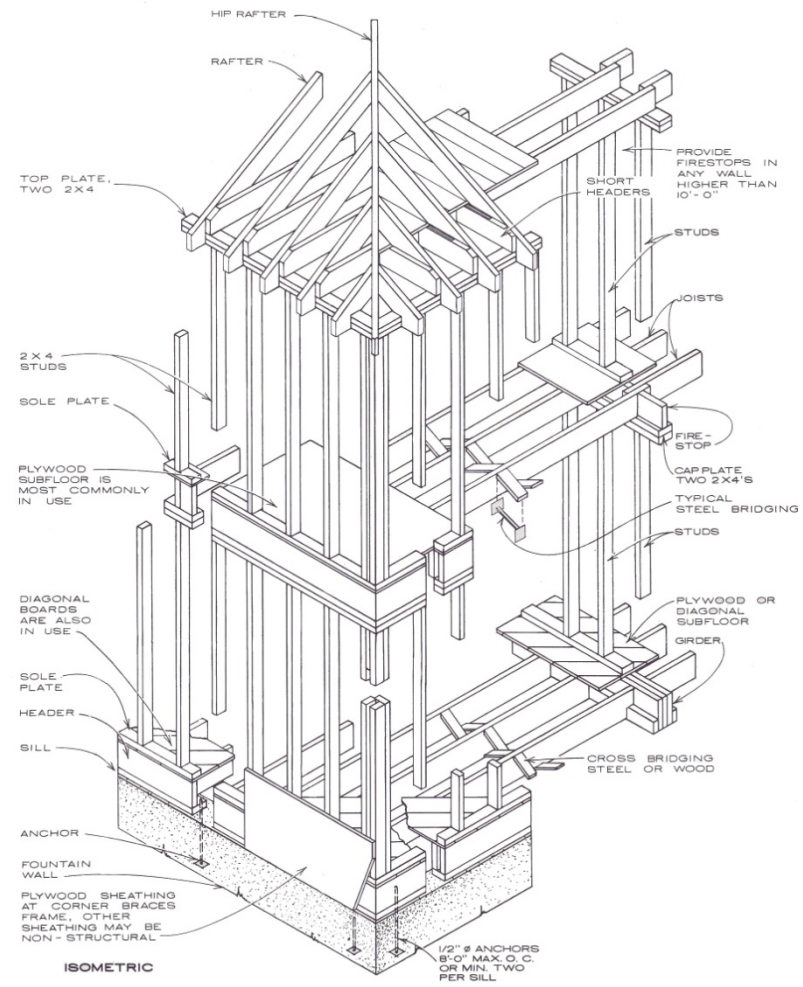


Fig. 4-8 Western or platform framing(Packard, 1981)

4.3.2 Caracterização geral do sistema *Platform Framing* americano

4.3.2.1 Construção modular

Todos os elementos da construção aligeirada (prumos, vigas e painéis) têm dimensões normalizadas. Os elementos de madeira maciça têm uma espessura mínima de 2 polegadas (50mm) e aumentam em incrementos de 2 polegadas. A largura mínima de um prumo ou viga é 4 polegadas (100 mm), sendo aumentada em incrementos de 2 polegadas (50 mm). Os painéis de contraplacado, usados no forro de pavimentos e de paredes exteriores como contraventamento, têm a dimensão base de 4 por 8 pés (1200 x 2400 mm). Como as vigas e os prumos têm que criar suporte aos painéis de contraplacado, o seu espaçamento tem que ser um submúltiplo de 4 pés (1200 mm), originando os valores de 12, 16 e 24 polegadas (300, 400 e 600 mm respectivamente).

Existindo a necessidade de coordenar as dimensões e espaçamento de todos os elementos, optou-se pela utilização de um valor de 4 pés (1200 mm) para módulo, correspondendo à largura de uma folha de contraplacado. A utilização deste módulo em planimetria permite uma construção mais económica, pois reduz o material sobranete. O módulo de 4 pés (1200 mm) é também utilizado na vertical com os mesmos objectivos.

Para permitir mais flexibilidade na criação de espaços considera-se para sub-módulo uma fracção de 4 pés (1200 mm). Assim, podemos encontrar construção baseada num sub-módulo de 2 pés (600 mm), ou de 1/3 de módulo, 16 polegadas (400 mm). A utilização destes sub-módulos em alimetria cria diversidade suficiente para dar resposta à maioria das condições: com o sub-módulo de 16 polegadas (400 mm) poderemos ter pés direitos de 8 pés (2400 mm), de 9 pés e de 4 polegadas (2800 mm), de 10 pés e 8 polegadas (3200 mm) e de 12 pés (3600 mm), etc. e com o sub-módulo de 2 pés (600 mm) obtemos os valores 8, 10, 12 pés (2400, 3000, 3600 mm), etc..

As dimensões das portas e janelas estão também assentes neste módulo, permitindo a integração com os elementos de estrutura. O sub-módulo é, no entanto, baseado numa fracção menor, 4 polegadas (100 mm), para tornar os elementos mais flexíveis a diversas condições de utilização.

A utilização de construção modular é uma lógica de construção patente na construção corrente nos Estados Unidos. O impacto económico derivado de construção modular é mais sentido em edifícios grandes ou repetitivos devido a uma economia de escala. Assim, nos Estados Unidos, é mais frequente encontrarmos construção modular em habitação pluri-familiar e edifícios de comércio do que em moradias.

4.3.2.2 Funcionamento estrutural tridimensional: a caixa

Os ventos e os sismos são as duas acções a que é comum associar forças horizontais em edifícios. A orientação real dessas forças poderá provir de qualquer direcção; por conveniência de análise, as forças são assumidas como agindo ao longo dos dois eixos maiores da estrutura, no plano horizontal.

Existem duas formas básicas de resistir a forças horizontais originadas a partir de um sismo ou vento. Em ambos os casos, a solução tem que prever a transferência de cargas à fundação. Como cada elemento constituinte da estrutura tem que resistir às cargas que lhe são impostas e ter capacidade de transferir essas cargas aos elementos adjacentes, as ligações entre elementos são particularmente importantes.

A primeira forma resiste às forças através da utilização de ligações com capacidade de resistir a momentos flectores, tais como juntas rígidas. As forças são transferidas até ao solo através da flexão nos pilares e nas vigas. Esta resistência à flexão requer uma forte contribuição das juntas.

Esta forma de resistir às acções horizontais tem como vantagem a possibilidade de criação de grandes espaços abertos sem a interferência de paredes portantes. Este tipo de funcionamento estrutural resulta frequentemente numa estrutura porticada que é de difícil execução em madeira. As juntas entre elementos de madeira dificilmente resultam em ligações rígidas, impossibilitando assim este funcionamento. Desta forma, numa estrutura primária de pilar e viga, é frequente ser incorporada uma estrutura secundária complementar para contraventamento, como por exemplo cruzetas. Para se criar uma estrutura porticada em madeira, a ligação entre o pilar e a viga é frequentemente metálica. A estrutura porticada, no entanto, apresenta duas desvantagens. De uma forma geral, é um sistema mais caro de construir, pois os pilares assumem as dimensões de viga por estarem submetidos a flexão e as juntas são mais complicadas de executar. A segunda desvantagem consiste no facto de este tipo de estrutura poder apresentar deformações excessivas para certos materiais de revestimento. Estuque, azulejo, alvenaria e revestimentos finos são exemplos de materiais que requerem bases rígidas e com uma deformação mínima. Nos exemplos de pórticos apresentados na Fig. 4-9, os pilares são impedidos de rodar no topo através da aplicação de tirantes,

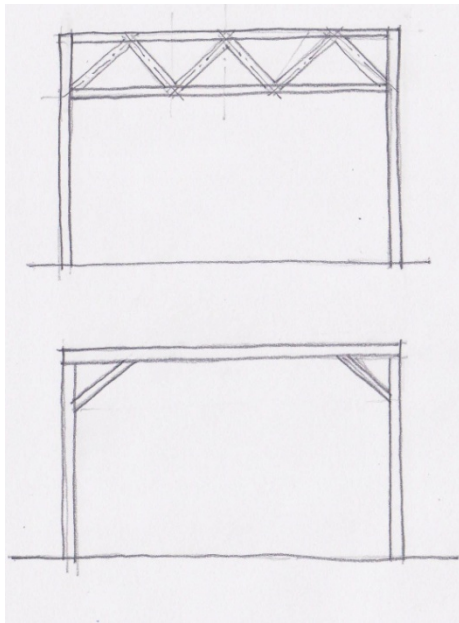


Fig. 4-9 Esquema de dois pórticos em madeira; as ligações rígidas resultam da ligação da asna ao pilar ou dos tirantes. (des. autor)

de ligações rígidas a asnas ou por uma combinação de juntas rígidas entre pilar e viga. Os pilares têm que ser projectados para compressão e flexão; as vigas e as asnas tem que ser projectadas tanto para as cargas verticais como para as induzidas pelas forças laterais.

O segundo método de resistir a forças horizontais é através da utilização de paredes portantes resistentes ao corte (*shear walls*) e de pavimentos rígidos ou diafragmas. As acções, nesta situação, são similares às de uma caixa. Em muitos casos, esta é a forma mais económica de criar um sistema resistente a cargas horizontais em pequenos edifícios. Este tipo de estrutura resulta, frequentemente, num sistema com poucas deformações e apto a receber revestimentos menos tolerantes a movimentações. A economia deste método consiste no facto de utilizar componentes como paredes, pavimentos e cobertura já necessariamente incluídos no edifício como parte da envolvente construtiva exterior ou interior. Este método de contraventamento, *shear walls* e diafragmas, é mais frequentemente utilizado em estruturas de pequeno porte ou com grande área de implantação.

Se considerarmos uma estrutura de um piso e em forma de caixa, as forças de inércia das paredes laterais (ou de pressão e de sucção no caso de vento) agem nas paredes. A estrutura da parede vence o vão entre a fundação e a cobertura como uma viga e tem que ser projectada como tal, para além do seu funcionamento como pilar devido às cargas gravíticas da cobertura. Desta forma, o topo da parede produz cargas horizontais na estrutura da cobertura. A estrutura da cobertura funciona assim como uma grande viga, deitada, suportando as acções das paredes e da própria inércia da cobertura. Esta viga, por si, vence o vão entre as paredes de topo que têm que resistir a estas cargas através de esforços de corte e de derrube que transferem para as fundações.

O sistema de cobertura que resiste a estas cargas é considerado o diafragma. No caso da construção de madeira aligeirada estas forças são resistidas pela armação constituída pelas vigotas e pelo contraplacado. Considerando o diafragma da cobertura como uma viga, pode-se verificar que têm as forças usuais de corte e momentos flectores para resistir. De uma forma geral, os banzos ou armação periférica resistem os momentos flectores, enquanto o revestimento de contraplacado resiste o esforço de corte.

Como um diafragma é essencialmente uma viga simplesmente apoiada ou em consola, dependendo da sua função na estrutura, o seu funcionamento difere de uma viga ou consola tradicional pelo facto de terem um cutelo muito grande e uma espessura muito reduzida.

O revestimento do vigamento numa cobertura, num pavimento ou numa parede, para obter um funcionamento em diafragma, pode ser de diferentes tipos, dependendo da dimensão do edifício e da magnitude das forças laterais. Os revestimentos incluem tabuado simples assente perpendicular ou diagonalmente ao vigamento, camada dupla de tabuado assente diagonalmente, folhas de contraplacado ou de outros derivados da madeira.

Os membros periféricos aumentam a resistência e rigidez dos diafragmas. Quando os esforços de corte aumentam a transferência de forças da alma para os elementos periféricos produzem esforços axiais e de flexão que são resistidos por esses elementos. Os esforços de flexão são causados pela componente da força do revestimento que actua normal aos elementos periféricos. Porque as vigas e os prumos formam uma parte integral do diafragma possibilitando a resistência a forças numa direcção em ângulo recto à direcção do revestimento por interacção entre o revestimento e o vigamento através dos pregos, a componente actual da força normal aos elementos periféricos é menor do que o seu valor máximo de projecto. Para valores mais reduzidos de esforço de corte, o revestimento e o vigamento funcionam praticamente como uma alma homogénea e a força normal aos elementos do perímetro é desprezável. Para valores reduzidos, diafragmas com tabuados assentes na diagonal estão limitados pelas proporções das suas dimensões globais. Conforme os esforços de corte vão aumentando, a capacidade do vigamento para transferir forças vai-se reduzindo e a força normal aos elementos periféricos aumenta até que, para valores elevados, o seu valor real aproxima-se do valor de projecto.

Os elementos do perímetro, em diafragmas horizontais, são banzos e elementos de rigidez. A compressão axial ou tracção nos banzos é computada através da divisão do momento flector máximo no diafragma pela largura do diafragma. O momento flector é igual ao de uma viga com uma carga uniformemente distribuída. O esforço axial nos elementos de rigidez é igual ao esforço de corte por metro linear multiplicado pelo espaçamento máximo das ligações do vigamento ao elemento.

Os elementos de perímetro num diafragma vertical, uma *shear wall*, são as travessas de pavimento e de tecto e os prumos de topo. O esforço axial na travessa de tecto é igual ao esforço do elemento de rigidez do diafragma horizontal através da transmissão feita pela sua união. O esforço na travessa de pavimento é igual ao esforço da travessa de tecto acrescido de uma carga cumulativa distribuída entre as ligações da travessa de pavimento. A força nos prumos de topo é igual ao momento resultante da força lateral e da reacção, dividida pela largura do diafragma. Onde os membros periféricos estão apenas sujeitos a esforços axiais, como em diafragmas revestidos com tabuado duplo assente na diagonal, a área requerida pelo elemento é igual ao esforço axial total dividido pelo valor permitido em compressão para a variedade de madeira utilizada.

Dependendo da magnitude da força lateral a ser resistida, os elementos periféricos podem ser reforçados de diferentes formas. Resistência e rigidez adicional podem ser conseguidas através da utilização de elementos duplos ou com uma dimensão superior ou através da colocação de madeiramento adicional perpendicular aos elementos periféricos.

4.3.2.3 Fundações superficiais de madeira e betão

A fundação superficial corrida é o sistema mais comum utilizado nos edifícios com estruturas aligeiradas de madeira com armação em plataforma, devendo-se em parte à existência de paredes portantes e da forma como estas transferem esforços horizontais à fundação. Adicionalmente, encontramos necessidade de criação de um vazio sanitário sob a laje térrea de madeira. O material mais comum na execução de fundações, directas ou indirectas, para edifícios com armação de madeira é o betão armado.

Nos Estados Unidos encontram-se, no entanto, alguns exemplos de fundação corrida de madeira em edifícios históricos. A fundação corrida de madeira permite uma construção simples e leve, se bem que com um tempo de vida limitado. A sua execução não difere muito da de uma parede exterior: no leito da vala de fundação é colocada uma travessa dupla na qual descarregam prumos de madeira. A coroar os prumos encontra-se, novamente, uma travessa dupla que suporta as vigotas do piso térreo. Este tipo de fundação pressupõe sempre a construção de um vazio sanitário, para ventilação, sob o pavimento do 1º piso. Para dar estabilidade lateral à fundação durante a sua execução aplicam-se tirantes de madeira que ficam entalhados nos prumos. Posteriormente, é aplicado um forro exterior de régua de madeira.

A longevidade deste tipo de fundação depende, em grande parte, do tipo de madeira utilizado e da humidade do solo. Alguns tipos de madeira, como a Sequóia da Califórnia, têm uma elevada resistência natural aos ataques de fungos e insectos xilófagos e o seu uso é comum. Para aumentar a longevidade da fundação, é frequente a aplicação de madeira tratada com um produto preservador. A complementar a selecção da espécie de madeira e o seu tratamento, torna-se importante encaminhar as águas da cobertura para longe do edifício e das fundações através da utilização de algerozes e tubos de queda. Nas situações onde os beirados não são munidos de algerozes, a criação de uma pequena pendente na periferia do edifício e eventual construção de uma faixa impermeabilizante facilita a drenagem das águas pluviais para fora da zona das fundações.

Este tipo de medidas, relativas à drenagem, não garante um nível de humidade constante no solo das fundações, mas contribui para minorar as suas flutuações. Para além da importância de preservação da madeira, este tipo de cuidado com a drenagem reduz as movimentações de dilatação do solo junto às fundações. O edifício de estrutura aligeirada de madeira com pequeno ou médio porte tem um peso próprio reduzido, menor ainda no caso da fundação ser de madeira. A fundação pouco profunda associada a um peso próprio reduzido leva o edifício a oscilar em função da expansão do solo com o aumento de humidade. A tolerância da estrutura de madeira a pequenas movimentações da fundação é razoavelmente grande, uma vez que tem um funcionamento isostático e que os pequenos movimentos não põem em causa a integridade da estrutura. Porém, nas situações onde os acabamentos interiores incluam estuque, estafe, gesso cartonado ou os acabamentos exteriores incluam reboco ou alvenaria, o grau de deformação permitido na estrutura torna-se mais reduzido em função das tolerâncias aceites por estes materiais.

Na construção corrente de edifícios com estrutura aligeirada de madeira e fundação corrida de betão armado, a necessidade de dar resposta a este fenómeno de expansão do solo continua a sentir-se, particularmente nos edifícios de um ou dois pisos. A fundação de betão armado, com maior peso próprio, tem um funcionamento de viga que auxilia na redução dos movimentos diferenciais do solo. No entanto, pode ocorrer o mesmo tipo de patologias acima referidas a nível de revestimentos interiores e exteriores uma vez que o solo fique saturado causando movimentação das fundações.

Nas situações onde a fundação funciona a maior profundidade, como no caso de uma cave, o cuidado de conduzir as águas pluviais para fora da zona de influência das fundações é ainda maior. Neste caso, torna-se necessária a drenagem do muro de suporte com um dreno periférico assegurando uma menor flutuação de humidade no solo. A condução das águas pluviais, a drenagem periférica da cave, o aumento de peso próprio acrescido pelo uso de betão e a profundidade a que as fundações funcionam fazem com que, nesta tipologia, os movimentos da estrutura devido à oscilação do nível freático do terreno sejam pouco frequentes.

Independentemente da fundação ser de betão ou de madeira, uma vez que o pavimento térreo seja de madeira deverá ser criado um vazio sanitário. Este espaço tem como função principal elevar a

madeira em relação ao solo e permitir a sua ventilação. Em edifícios residenciais com fundações corridas de madeira ou de alvenaria de pedra era comum a escavação parcial do vazio sanitário para permitir uma cave para arrumos. Este espaço facilitava o acesso a infraestruturas colocadas na face inferior do pavimento térreo e a reparação das fundações. Devido ao reduzido peso próprio dos edifícios construídos com este sistema era fácil a reparação e substituição de segmentos de uma fundação de madeira. Uma vez que as travessas duplas que coroavam a parede de fundação tinham um funcionamento de viga, era possível a substituição de pequenos troços da parede de fundação sem se ter que recorrer ao escoramento da parede imediatamente por cima. Quando a reparação era mais extensa, a existência da cave possibilitava a colocação de postes e vigas de escoramento que sustentavam o pavimento térreo que, por sua vez, sustentava as paredes portantes superiores. É de salientar que, na execução dos vazios sanitários com funcionamento em cave, a escavação destes espaços era feita em talude para evitar a necessidade de introduzir muros de suporte. A área de implantação da cave era assim mais reduzida do que o piso superior, para que este espaço se implantasse já fora da zona de dissipação de cargas no terreno.

A selecção de uma madeira de maior durabilidade, eventualmente associada a um tratamento, e a drenagem adequada poderão aumentar o tempo de vida da fundação de madeira; no entanto, este acabará sempre por ser inferior ao de uma fundação de betão. Presentemente, é rara a construção de fundações superficiais de madeira, sendo o betão o material de eleição. A diferença de custo inicial da fundação de betão é facilmente recuperada pela ausência de manutenção. Para além disso, o facto de o betão criar uma barreira entre o solo e a estrutura prolonga a vida do edifício.

A configuração mais comum na fundação corrida de betão é o T invertido, que maximiza a área de transmissão de cargas ao solo minimizando o volume de betão utilizado. Este tipo de fundação pressupõe a construção do mesmo vazio sanitário encontrado na construção de fundações de madeira, pois a necessidade de ventilar o pavimento térreo mantém-se. Contudo, a fundação corrida é também utilizada com lajes térreas de betão em habitação e, mais frequentemente, em edifícios comerciais. Nesta situação, a parede de fundação eleva-se acima da cota exterior do terreno para garantir que os elementos de madeira da parede estejam pelo menos a 15 cm do solo. Minimizando-

se a possibilidade de contacto da madeira com a água reduz-se proporcionalmente o ataque à madeira por fungos e térmitas subterrâneas.

A betonagem deste tipo de fundação é, geralmente, feita directamente na vala, sem a colocação de uma camada de betão de limpeza. Esta técnica implica que o leito da vala de fundação esteja perfeitamente de nível e que o risco da armadura metálica entrar em contacto com o solo seja nulo. A abertura deste tipo de vala implica a utilização de uma retro-escavadora equipada com um balde sem dentes ou a rectificação e compactação do leito da vala após a sua abertura. Para evitar o abatimento pontual das valas de fundação, a betonagem das fundações deverá ser executada até um máximo de três dias após a abertura de valas. Relativamente à armadura metálica, é comum a sua suspensão a partir da cofragem das paredes da fundação corrida. Um segundo método de ancoragem do aço durante a betonagem consiste na utilização de pequenos cubos pré-fabricados de betão cintados à armadura sobreelevando-a do solo. Este método é menos frequentemente utilizado, pois o seu bom funcionamento só é garantido quando a armadura está na face inferior do elemento de betão. A sua utilização é mais adequada na colocação de armaduras bidireccionais em lajes térreas de betão.

Em edifícios de pequeno porte ou com laje térrea de betão armado, a fundação corrida assume um perfil rectangular em vez do T executado com o vazio sanitário. Esta fundação é frequentemente mais económica em virtude de ser parcialmente moldada no solo, reduzindo substancialmente os trabalhos de cofragem. O pavimento térreo de betão, neste tipo de aplicação, tem um funcionamento de laje de ensoleiramento geral. A sua execução contínua ou isolada das fundações está principalmente relacionada com o tipo de cargas a que a laje está sujeita. Em ocupações como habitação e comércio, a laje é frequentemente parte integral do sistema de fundação, mesmo que seja executada numa segunda betonagem. A laje armada transmite as solicitações à base de *tout-venant* e às fundações. Nas ocupações como garagens, onde as sobrecargas são mais elevadas, a laje é frequentemente separada das fundações. Neste caso, as sobrecargas e vibrações transmitidas à laje não são transferidas ao sistema de fundação. Em ambos os casos a laje é betonada sobre uma base e sub-base de pequena granulometria ou de granulometria extensa. Entre a base e a laje é aplicada uma película de polietileno de espessura variável com uma protecção mecânica em ambas

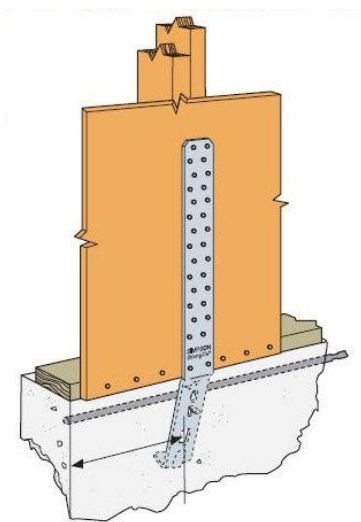
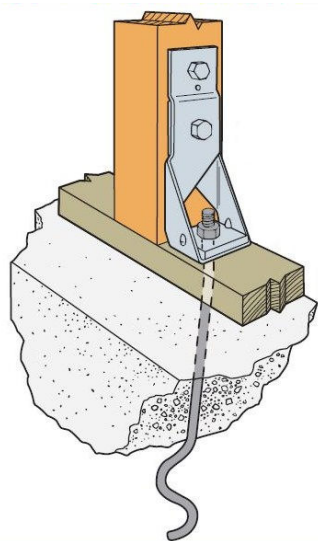


Fig. 4-10 Exemplos de tirantes de ligação à fundação da Simpson Strongtie, Co.

as faces. Esta película desempenha as funções de barreira de vapor e de junta de clivagem permitindo que a laje dilate e contraia livre do *tout-venant* em função do processo de cura e das diferenças de temperatura.

A ligação entre a fundação e a estrutura de madeira acima é executada através de um frechal de madeira tratada em autoclave. Os cortes e perfurações executados em obra são tratados no local para evitar que o frechal fique com superfícies expostas que não estejam tratadas.

Nas fundações em T, o frechal coroa o topo da parede de fundação e recebe as vigotas do piso térreo. A fixação à fundação é feita através de varões roscados em aço zincado embebidos no betão. O diâmetro e o espaçamento dos varões são determinados em função das cargas transmitidas pela estrutura à fundação. Em zonas como a Califórnia, a análise estrutural de edifícios de pouco desenvolvimento em altura revela que as cargas sísmicas são mais elevadas do que as do vento. Neste caso, é a fundação que transmite cargas à estrutura, uma vez que o solo sofre acelerações causadas pelas ondas sísmicas que são, por sua vez, transmitidas à estrutura. Quando as paredes têm maior desenvolvimento em planta do que altura é considerado que a transmissão de cargas resulta exclusivamente de um esforço de corte transversal. Os varões roscados nestas paredes são então dimensionados só para corte. No entanto, quando a parede tem um desenvolvimento menor em planta do que em altura, os esforços transmitidos da fundação à parede são corte e derrube. Como a ligação entre o frechal e a parede tem um funcionamento superior em corte transversal mas reduzido a esforços de tracção na vertical torna-se necessário suplementar a ligação entre a fundação e a parede. Para este efeito, nos topos laterais da parede são colocadas duas âncoras metálicas, ou tirantes, que resistem exclusivamente às forças de tracção implícitas no derrube. No topo lateral oposto, o esforço será somente de compressão e aí aplicam-se os prumos de madeira. Na fundação em T, onde o sistema de pavimento surge entre a fundação e a parede, o tirante metálico é mais comprido para vencer a espessura do pavimento e ligar à parede. Na situação de fundação corrida com pavimento térreo de betão, o tirante liga directamente à parede. O encastramento do tirante, que consiste num varão de aço zincado roscado, é maior do que os varões de corte para poder desenvolver mais resistência à tracção no betão. Quando as solicitações no tirante são mais reduzidas é possível a utilização de tirantes em chapa de aço galvanizado. Estes

tirantes permitem uma execução mais rápida, pois o tirante tem uma parte inferior deformada para criar aderência ao betão e, na sua parte superior, a peça é pré-furada para ser pregada aos prumos. Os furos no tirante possibilitam a sua fácil fixação à cofragem através de pregos temporários. Os tirantes de varão roscado e as peças de ligação aos prumos são colocados no interior da parede devido à sua dimensão. Os tirantes de chapa metálica são aplicados nos topos exteriores dos prumos. Como a fixação destes tirantes é feita através de pregos pode acontecer que, após a colocação da chapa nos prumos, se fique sem superfície para aplicar o contraplacado. Para evitar esta situação, o tirante é sempre colocado por cima do contraplacado para que os pregos colocados fixem ambos os elementos.

4.3.2.4 Fundações profundas de madeira e de betão

As condições mais comuns que levam à utilização de fundações profundas neste tipo de construção devem-se a solos pouco coesos, expansivos ou com potencial de erosão elevado. A implantação de um edifício numa encosta, onde o potencial de um aluimento de uma camada superior de solo por actividade sísmica ou clivagem dos terrenos é elevado, condiciona a selecção do sistema de fundação. A situação de construção numa várzea, onde o solo seja de material sedimentar pouco consolidado ou expansivo, remete a resolução das fundações para um sistema indirecto. Uma localização num local ventoso e de solos arenosos implica igualmente a aplicação de uma fundação profunda que assegure a dissipação de cargas num nível de solo estável. Outras aplicações de fundação profundas podem resultar de um desejo de não tocar no terreno existente para minimizar o impacto dos edifícios.

Estes cenários não são os mais frequentes mas implicam a utilização de fundações profundas que poderão ser de betão ou de madeira. Não são usadas estacas de aço neste tipo de construção, uma vez que as cargas e as profundidades em causa não o justificam.

As fundações profundas de betão surgem-nos de duas formas: executadas ou cravadas. Como é mais frequente o funcionamento da fundação a profundidades menores e com um funcionamento por contacto, é comum o uso de poços de fundação executados em obra através da abertura de furo e betonagem. Nos casos onde a estabilidade das paredes do furo é reduzida torna-se necessária a colocação de cofragem metálica, geralmente com secção circular. Neste tipo de fundação, se bem que seja contabilizada a fricção desenvolvida no terreno, a transmissão de cargas é considerada prioritariamente como sendo por contacto com o solo. Para desenvolver suficiente área de contacto, este tipo de elemento de fundação tem dimensões entre 0.35 e 0.60 m de diâmetro com o eventual alargamento da base de contacto. A profundidade comum oscila entre 8 e 12 m podendo ir até aos 18 m. A armadura necessária na parte superior do poço de fundação resulta do seu funcionamento como pilar na secção superior, uma vez que o solo, nesta camada, não tem capacidade de suporte lateral. A armadura metálica poderá estender-se mais ao longo do poço de fundação em função de

esforços de corte ou de flexão, como os encontrados em situações de aluimento de uma camada de solo ou de forças de tracção desenvolvidas por dilatação.

A estaca pré-fabricada de betão, cravada, também pode ser utilizada mas o seu uso é menos frequente. Tal como no caso do aço, a sua capacidade de carga e profundidade excede o que é normalmente necessário para uma estrutura aligeirada de madeira. Como todo o elemento pré-fabricado, a sua utilização é justificada através de uma produção em quantidade. A aplicação destas estacas implica a utilização de bate-estacas e meios de transporte que geralmente só se justificam com uma repetição considerável ou quando os seus custos podem ser dissipados na construção de um edifício grande. Este tipo de estaca pode ser executado com profundidades até 25 m, podendo alcançar 60 m caso a estaca seja pré-esforçada.

As estacas cravadas mais usuais são de madeira tratada em profundidade. A sua capacidade de carga e de profundidade de funcionamento são mais compatíveis com a estrutura aligeirada de madeira. No caso mais comum de estacas por atrito, as cargas transmitidas pelo edifício à fundação são dissipadas no terreno através da fricção desenvolvida entre as estacas e o solo. Cada uma das estacas de madeira é um elemento único, não sendo cravada em segmentos como no caso das estacas de betão pré-fabricado ou de aço. Assim, a dimensão da estaca varia consoante a dimensão do toro que a forma; a dimensão máxima é de cerca de 33 m, sendo mais frequente estacas com dimensões compreendidas entre 12 m e 18 m. Os diâmetros típicos são de 0.20 m na ponta e de 0.40 m no topo.

A transição entre a fundação profunda e a estrutura requer uma série de elementos que são comuns, no seu modo de funcionamento, aos poços de fundação e às estacas. A coroar e unir os elementos de fundação encontra-se um lintel de fundação. O lintel, como elemento de união, permite que as estacas ou poços de fundação funcionem como um sistema. No caso de movimentos diferenciais, o lintel de betão permite a distribuição de cargas a elementos adjacentes reduzindo assim o impacto de movimentações na estrutura.

O lintel de fundação poderá ser também de madeira. Neste caso, o lintel não tem a mesma capacidade de transferir cargas derivadas de assentamentos diferenciais por não ser possível

desenvolver ligações rígidas com as estacas ou com os poços de fundação. A sua função primária, como no caso do betão, é criar um elemento de transição entre as paredes portantes com carga linear e as fundações com uma transferência de carga pontual ao terreno. É a partir do lintel que a estrutura de pavimento e paredes se eleva. Quando o pavimento térreo é de madeira continua a ser necessária a criação de um vazio sanitário sob a laje. Para que isto seja possível, sendo o lintel de betão, é frequente a construção de uma pequena parede aligeirada que eleve o pavimento da cota do terreno. Quando o lintel é de madeira, é mais frequente o seu posicionamento acima da cota exterior do terreno. Para cerrar o vazio sanitário é construída uma pequena parede de madeira entre o lintel de madeira e o solo.

Quando a estrutura é sujeita a cargas sísmicas, os esforços desenvolvidos entre a estrutura e o lintel são predominantemente de corte. Se o edifício assumir uma proporção vertical em que a base seja menor do que a altura, desenvolvem-se também forças de derrube, fazendo com que parte da fundação funcione em tracção. O peso próprio da fundação é particularmente relevante neste caso, uma vez que será esta força que resistirá à força vertical resultante da carga sísmica. Neste tipo de situação, os requisitos construtivos impõem a colocação de tirantes metálicos entre o lintel e as paredes, como já descrito, bem como uma ligação entre o lintel e as fundações, capaz de resistir ao esforço vertical. Quando o lintel é de betão, a armadura metálica garante este tipo de funcionamento. Caso o lintel seja de madeira, a fixação entre o lintel e a fundação é feita através de ligadores metálicos, chumbados no betão e fixados por pregos ou parafusos à madeira. A resistência necessária aos esforços de corte entre a fundação e a estrutura é resolvido de maneira similar às fundações superficiais, onde elementos metálicos, como varões roscados e conectores, transferem essas cargas à fundação.

Quando o pavimento térreo é constituído por uma laje de betão, a solução construtiva é muito similar à da fundação superficial com laje de betão. A única diferença significativa deriva do acréscimo das estacas ou dos poços de fundação ao lintel de fundação.

4.3.2.5 Paredes

Nas estruturas aligeiradas de madeira com armação em plataforma, as paredes exteriores são portantes. Como o vão máximo do sistema de pavimento é de cerca de 6 m (20') algumas paredes interiores têm também uma função portante.

As paredes aligeiradas, para terem capacidade portante, são constituídas por prumos, travessas de pavimento e de tecto, todos de igual secção. A travessa de tecto é dupla, sendo cada régua sobreposta à outra em meio comprimento. A travessa dupla de tecto permite a sobreposição de elementos no cunhal para uma melhor fixação entre as duas paredes perpendiculares. A travessa de pavimento é simples e apoia directamente sobre o pavimento.

Entre a travessa de pavimento e de tecto encontram-se os prumos, com espaçamentos iguais. Os prumos são fixados às travessas com pregos de topo e a 45°. O espaçamento e a orientação dos prumos é alterada nos cantos e cunhais para permitir uma ligação entre as paredes e criar suporte para os acabamentos interiores e exteriores. Como os acabamentos e os forros são em placa ou régua torna-se sempre necessário criar um ponto de apoio contínuo nos bordos de qualquer plano formado por uma parede.

Como o forro das paredes é feito com placas de contraplacado ou gesso cartonado com dimensões normalizadas baseadas nos espaçamentos dos prumos, as aberturas para fenestração nas paredes não interrompem o espaçamento dos prumos. Desta forma, quando uma parede é forrada com contraplacado, por exemplo, cada painel é cortado nas partes que correspondem à janela, mantendo porém todos os apoios necessários à sua fixação. A coroar a abertura coloca-se uma verga de madeira que recebe os esforços dos prumos que são interrompidos pela abertura. A verga varia em função das cargas e do vão: para vãos pequenos, como os de portas de uma folha, utilizam-se duas travessas de dimensões idênticas aos prumos, pregadas face com face e aplicadas ao cutelo; em vãos médios, como portas duplas e janelas panorâmicas, aplica-se uma verga de madeira maciça com altura entre 6" e 12" (150 e 300 mm); para vãos maiores, como em portas seccionadas de enrolar, usa-se a aplicação de vigas de madeira lamelada com altura entre 12" e 18" (300 e 500 mm).

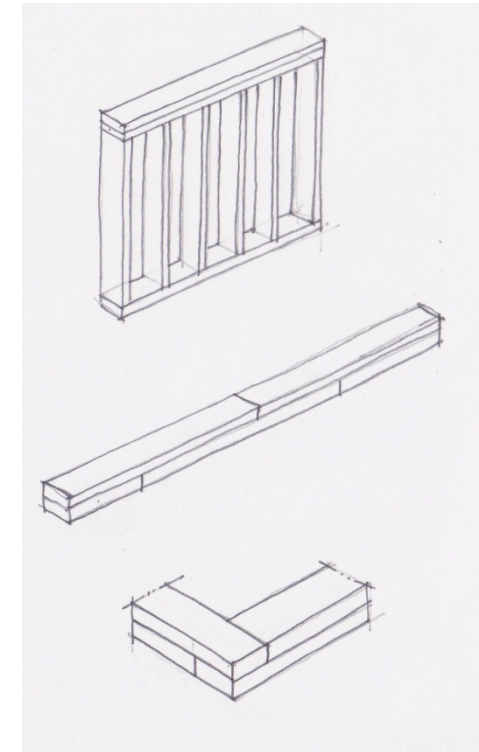


Fig. 4-11 Parede de prumos, sobreposição da travessa de tecto e encontro da travessa no cunhal. (des. autor)

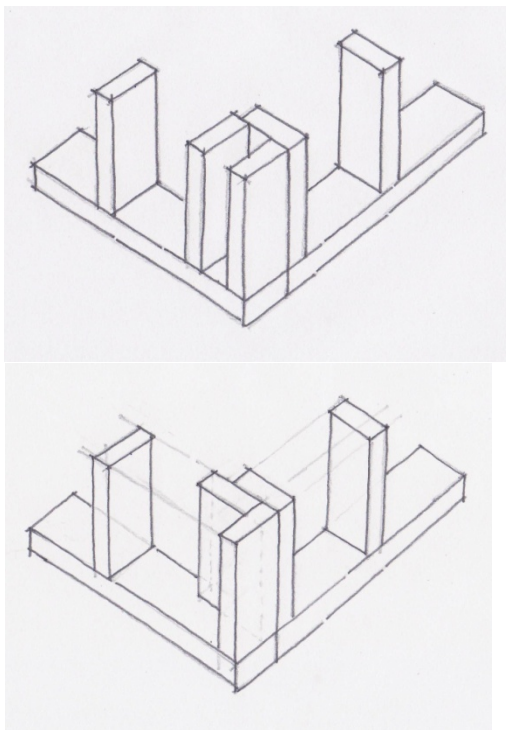


Fig. 4-12 Duas combinações de prumos para execução dos cunhais. (des. autor)

A selecção dos postes de apoio das vigas é feita em função das cargas e do tipo de verga. No caso em que a viga é constituída por travessas duplas ou no caso de uma viga de madeira maciça, o seu suporte é feito por prumos duplos ou triplos. Um prumo trava a verga nos seus topos e é contínuo entre a travessa de pavimento e de tecto. O outro prumo, simples ou duplo, é pregado ao prumo contínuo e desenvolve-se entre a travessa de pavimento e a verga. As vergas de madeira lamelada, transportando cargas mais elevadas, requerem postes com secções maiores. A solução corrente é a utilização de postes de madeira maciça, com secção quadrada ou rectangular, em que a maior dimensão é paralela à verga.

Os prumos utilizados na construção de paredes são de 50x100 mm, de 50x150 mm e de 50x200 mm (2"x4", 2"x6" e 2"x8"), com espaçamentos entre eixos de 300, 400 e 600 mm (12", 16" e 24"). A dimensão dos prumos a utilizar e o respectivo espaçamento são determinadas em função das cargas gravíticas e laterais, e também do tipo de acabamento a aplicar nas paredes. Os prumos de 50x100,mm (2"x4") são os mais utilizados em estruturas residenciais até dois pisos. Os prumos de 50x150,mm e de 50x200,mm (2"x6" e 2"x8") são mais frequentes em edifícios comerciais. O espaçamento preferido entre prumos é de 400 mm (16"), pois permite um espaço de manobra adequado para pregar os prumos. O espaçamento de 300 mm (12") entre eixos permite uma maior capacidade de carga mas por outro lado dificulta o manuseamento do martelo entre prumos. O espaçamento de 600 mm (24") é raramente utilizado em paredes portantes, encontrando-se somente em paredes divisórias. É de salientar que os sistemas homologados com resistência de corta-fogo têm espaçamentos de 300 e 400 mm (12" e 16").

A relevância dos espaçamentos entre prumos e os acabamentos a colocar na parede está relacionada com o número de apoios criados. Na situação de forro exterior ou interior de contraplacado com funcionamento estrutural torna-se particularmente relevante. A capacidade que um painel de contraplacado tem a resistir as forças de compressão e de tracção no seu plano está directamente ligada ao vão que o painel tem entre apoios. Para que o painel de contraplacado possa resistir aos esforços de compressão e de tracção, a regularidade do seu plano tem que ser garantida. O espaçamento mais reduzido entre prumos aumenta o momento de inércia da placa de contraplacado para valores adequados aos esforços aplicados. Como a ligação entre o contraplacado e os prumos é

feita através de pregos, o processo de ruptura de um destes painéis é consequência do saltar dos pregos. A resistência de um prego a corte transversal é mais elevada do que a da madeira, causando assim a ruptura da mesma; quando o esforço aplicado no prego é de tracção, os valores de fricção desenvolvidos com a madeira são bastante mais reduzidos do que a capacidade estrutural de cada um dos elementos, sendo a ruptura neste caso a saída do prego. Devido a este tipo de comportamento nas ligações entre o contraplacado estrutural e os prumos, o espaçamento entre prumos em paredes estruturais não pode exceder 16" (400 mm), os prumos têm que ter dimensões mínimas de 50x100 mm (2"x4") e a penetração do prego no prumo tem que ser de, pelo menos, 40 mm (1-1/2"). A espessura da placa de contraplacado é também seleccionada em função dos esforços, uma vez que uma outra possível ruptura na ligação com os pregos ocorre pelo punçamento do contraplacado pelos pregos. Como regra geral, para esforços idênticos, uma parede com prumos com um espaçamento mais reduzido e com um espaçamento entre pregos menor pode funcionar com contraplacado de menor espessura, do que uma parede com prumos mais distanciados e maior espaçamento entre pregos.

Paredes com pouco desenvolvimento em planta mas sujeitas a esforços elevados podem, eventualmente, ser forradas com contraplacado estrutural em ambas as faces. As proporções limite admitidas para paredes pequenas é de 900 mm (3') de largura por 3000 mm (9') de altura. Nestes casos extremos, os prumos utilizados tem dimensões de 100x100 mm, de 100x150 mm e de 10x200 mm (4"x4", 4"x6", 4"x8") para poderem suportar os pregos de ambos os lados sem haja o risco de ruptura devido ao desenvolvimento de rachas. Os esforços de derrube neste tipo de parede são também proporcionalmente mais elevados, levando à utilização de prumos de maior dimensão nos topos da parede. Quando um topo está em tracção, o prumo aí colocado tem que manter a sua integridade respondendo às solicitações que lhe são transmitidas pelos pregos e pelos parafusos de fixação do tirante. Quando o prumo está sujeito a compressão, o seu topo inferior tem que resistir à carga dinâmica transmitida. Com a oscilação causada durante um sismo e o correspondente ciclo de compressão e tracção na parede, os topos dos prumos têm tendência a sofrer pequenas deformações plásticas resultantes de esmagamento. Com uma aresta no topo ligeiramente adoçada devido aos esforços, a área efectiva de compressão é reduzida aumentando, assim, o esforço na

secção útil. Nestas situações recorre-se ao sobredimensionamento dos prumos para que a área efectiva seja sempre a desejada. Este princípio é também utilizado em paredes com maior largura, até aproximadamente uma proporção quadrada, onde este efeito é mais sentido. Nas paredes cuja largura é superior à altura, este comportamento é menos sentido e a utilização de prumos duplos com secções de 500 mm (2") predomina. A escolha do prumo duplo, neste caso, resulta menos de uma necessidade estrutural do que construtiva, uma vez que o prumo duplo facilita a ligação entre parede e a fixação de revestimentos.

A necessidade de utilização de tirantes pode ser sentida também nas ligações entre pisos. Tendo uma fachada uma sequência de paredes esbeltas, alinhadas verticalmente, os esforços de derrube estão presentes nos elementos de cada piso. O tratamento destas paredes é similar ao descrito para as paredes do piso térreo. No topo da parede do piso térreo são colocados tirantes de varão roscado que atravessam o sistema de pavimento e ligam à parede do piso a cima. O mesmo sistema é adoptado para outras paredes na continuidade. Os tarugos colocados nas entregas das vigotas são de maior dimensão nestas zonas para evitar o esmagamento ou deformação dos topos das vigotas durante a acção de um sismo.

É comum, neste tipo de paredes portantes, encontrar-se a mesma espessura de parede conforme a parede se desenvolve em altura, sendo uma das razões a de se manter os mesmos rácios área útil/área bruta em todos os pisos. De qualquer forma, encontra-se uma hierarquia patente nas paredes, consoante são observadas do piso superior para o inferior. Por exemplo, considere-se uma parede exterior de um 2º piso com prumos de 50x150 mm (2"x6") com um espaçamento de 400 mm entre eixos e que poderia ser forrada pelo exterior com contraplacado estrutural de 10 mm (3/8") devido às cargas que recebe da cobertura; como nas paredes dos pisos inferiores ir-se-ia provavelmente utilizar contraplacado de 13 mm (1/2") ou de 19 mm (3/4"), com o objectivo de manter a mesma espessura de forro estrutural e facilitar a colocação de acabamentos poder-se-á utilizar um contraplacado mais espesso do que seria necessário mas com um espaçamento maior entre pregos de união aos prumos. No piso inferior poder-se-ia usar a mesma solução de parede, com excepção de que o espaçamento entre os pregos de ligação do contraplacado aos prumos seria menor. Na parede do piso térreo encontrar-se-ia prumos com as mesmas dimensões mas com um

espaçamento mais reduzido. Neste piso, a parede poderia estar forrada em ambos os lados com contraplacado estrutural.

Devido à leveza dos elementos, a armação das paredes é usualmente construída sobre o pavimento. Os prumos, as travessas de pavimento e as de tecto são construídas de madeira com o mesmo perfil. A travessa de pavimento é um perfil único, enquanto que a travessa de tecto é dupla para poder funcionar como viga. Quando as vigotas de pavimento ou de cobertura ficam desalinhadas dos prumos das paredes, a travessa de tecto dupla tem capacidade suficiente para vencer o pequeno vão entre os prumos. Após a construção da armação da parede exterior e da sua colocação na vertical, são aplicadas escoras que estabilizam a parede temporariamente. Estes elementos são aplicados diagonalmente da face dos prumos ao pavimento. A armação das paredes só é estável uma vez que as várias paredes perpendiculares sejam fixadas nos cunhais. Para garantir a esquadria antes da colocação do contraplacado estrutural é colocada, em cada parede, pelo menos uma régua diagonal no plano da parede. Esta régua é colocada pelo interior para não entrar em conflito com a colocação do forro de contraplacado pelo exterior e para permitir a sua posterior remoção.

Os prumos entregues em obra são de dimensão normalizada, tanto na secção na como altura. Por exemplo, para um pé direito de 3000 mm os prumos terão 2850 mm incluindo já a espessura das travessas de pavimento e tecto que totalizam 150 mm, pois as travessas são da mesma dimensão dos prumos. Quando é necessário construir uma parede com pé direito duplo, a parede é construída em segmentos que alinhem com o pé direito simples dos espaços adjacentes. O pano inferior de parede tem, assim, uma travessa de tecto à mesma cota altimétrica da travessa de tecto do pé direito simples.

Os prumos utilizados nas paredes têm, invariavelmente, secção rectangular. A excepção a este caso ocorre quando se introduz um pilar na parede para transferência de uma carga pontual, por exemplo no caso dos apoios de uma verga de uma janela. Como os prumos são esbeltos, o seu modo de ruptura à compressão segue o modelo de uma coluna longa, ou seja, falha por varejamento. Para prevenir este comportamento, o lado de maior dimensão da secção é dimensionado para ter um momento de inércia que resista ao varejamento. O lado de menor dimensão da secção seria então o

lado crítico. No entanto, como o prumo está pregado ao contraplacado exterior e ao gesso cartonado no interior, estes materiais adicionam momento de inércia ao prumo no plano da parede, prevenindo o seu varejamento nesta direcção.

4.3.2.6 Vãos

Conforme já referido anteriormente, tenta-se que a abertura do vão não interrompa o espaçamento normal dos prumos de madeira. Quando o vão corresponde a uma janela de peitoril, este princípio é fácil de seguir, sendo mais difícil no caso de uma janela de sacada. Como a parede portante e resistente aos esforços de corte tem que ser um plano sem interrupções, a colocação de um vão numa parede faz com que a faixa vertical onde a abertura se insere não contribua para a resistência da parede. Desta forma, pode-se considerar que os panos de peitoril e de verga funcionam exclusivamente como enchimento.

Para suportar as cargas de cobertura ou de pavimento, a abertura é coroada por uma verga de madeira, como descrito anteriormente. Entre a verga e a travessa de pavimento encontram-se prumos de madeira que servem de apoio ao forro de contraplacado e acabamentos. A verga é colocada com 12 mm de folga à travessa do aro para permitir deflexões, sem afectar o funcionamento da porta ou janela. Os materiais utilizados no fabrico de portas e janelas são, maioritariamente, o alumínio e a madeira.

O assentamento corrente de vãos de alumínio é feito sem se recorrer a aduela ou a gola, uma vez que os vãos não costumam ser guarneados. Como as couceiras do aro são aplicadas pelo exterior, directamente nos prumos que armam a abertura, os perfis têm uma aba com função de aduela ou gola. Este elemento do perfil pode também ser retirado, caso o assentamento da caixilharia seja feito num vão guarneado com madeira ou pedra, se bem que a sua utilização nestas condições seja menos frequente. O assentamento dos caixilhos e do aro é feito através de parafusos aplicados somente nas couceiras do aro. Como é necessária a existência de uma folga entre a abertura em toco e a dimensão dos aros, esse espaço é colmatado com palmetas de madeira nos alinhamentos dos parafusos de fixação dos aros. A folga é posteriormente preenchida com material de enchimento, como desperdício de lã mineral, espuma de poliuretano ou poliestireno, para evitar infiltrações de ar. É de salientar que, neste tipo de construção, são raramente utilizados elementos como portadas ou estores permitindo, assim, a colocação da caixilharia perto do lado exterior da parede. Nas situações onde o Inverno é rigoroso ou com ventos fortes é habitual a colocação sazonal,

pelo exterior, de *storm windows*, que consistem em janelas exteriores de protecção, fixas, com vidro mais espesso.

4.3.2.7 Cobertura

A estrutura que forma a cobertura numa estrutura leve de madeira tem um funcionamento unidireccional pelo facto de ser armada com vigotas. O vão máximo é de cerca de 6 a 7 m, implicando vulgarmente apoios intermédios fornecidos por paredes portantes interiores. O funcionamento da cobertura em relação aos esforços de corte é semelhante ao funcionamento dos pavimentos e das paredes. As vigotas e elementos periféricos de armação formam uma malha que serve para suportar as cargas verticais e serve simultaneamente de apoio ao contraplacado estrutural. O forro estrutural vence o vão entre as vigotas permitindo a sua utilização como plano, mas é também o elemento resistente aos esforços de corte gerados durante um sismo. A continuidade de transferência de cargas verticais e laterais entre a cobertura e as paredes imediatamente abaixo é de extrema relevância. O apoio simples das vigotas às travessas de tecto do piso imediatamente abaixo providencia suporte necessário para a transferência das cargas gravíticas. No caso de uma cobertura alta e sujeita a ventos, as ligações entre a cobertura e a parede poderão incorporar tirantes metálicos, que assegurem a transferência das cargas aplicadas por sucção na cobertura. Este sistema de tirantes tem continuidade pelas paredes até às fundações, tirando partido do peso próprio da construção e das fundações. Uma vez requerida a utilização de tirantes, a sua continuidade até à fundação deve ser garantida de forma a sujeitar toda a estrutura ao mesmo tipo de funcionamento, de forma a não criar zonas de ruptura. No que diz respeito à transferência de esforços de corte entre a cobertura e a parede, é comum a utilização de tarugos entre as vigotas ou varas. Estes elementos são colocados directamente sobre o topo da parede para que se possa pregar uma fiada de pregos a ligar o contraplacado da cobertura e outra série deles entre os tarugos e as travessas de tecto da parede. Assim, o esforço de corte no plano é transferido para os pregos, daí para o tarugo, e subsequentemente para a armação da parede. A parede, por si, para poder transferir estas cargas, deverá ter o seu forro de contraplacado devidamente pregado na travessa de tecto. Com este tipo de ligação na junção entre planos consegue-se a transferência dos esforços de corte entre eles.

A armação da cobertura varia consoante a cobertura é plana ou inclinada. As pendentes típicas para cada tipo de cobertura variam em função do sistema de impermeabilização seleccionado. É usual as

coberturas planas terem declives entre 1% e 5%, e as coberturas inclinadas entre 25% e 100%. Na cobertura plana, a armação não difere muito da armação de um pavimento. A cobertura poderá ter beirado, platibanda, ou rematar em aresta, no caso de edifícios de um piso.

No caso da cobertura plana com beirado, a colocação das vigotas é feita para que a consola forme o beirado. Como a cobertura é constituída por um sistema de pavimento unidireccional, a armação pode ser alterada para se conseguir o beirado na direcção perpendicular ao sentido de assentamento das vigotas. Neste caso, uma vigota dupla é colocada para o interior do edifício por uma distância com um valor compreendido entre o vão da consola e o dobro. A partir da vigota dupla são armadas vigotas que formam a consola perpendicular ao sentido da armação. No apoio da consola, ou seja, sobre a parede, as vigotas são tarugadas para evitar varejamento, controlar movimentações resultantes de oscilações de humidade na madeira e para criar uma junta para transferência de cargas ao esforço de corte. Num sistema de cobertura ventilada, os tarugos são perfurados para permitirem ventilação no espaço criado entre vigotas. As aberturas de ventilação requerem a aplicação de uma rede de protecção contra insectos e pássaros. Quando se pretende forrar a face inferior do beirado, os tarugos são simplesmente perfurados e a rede de protecção é aplicada no forro.

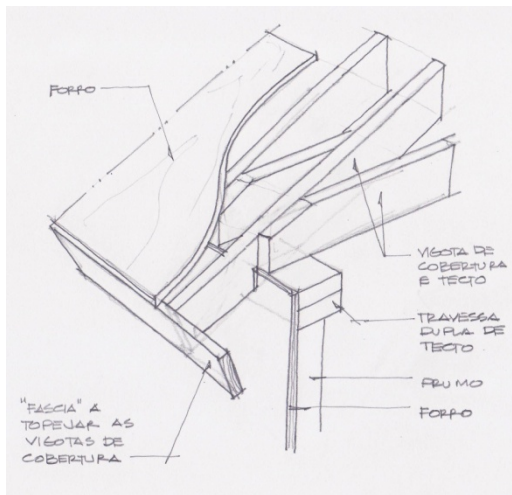


Fig. 4-13 Aplicação de fascia a topejar as vigotas.
(des. autor)

Na cobertura plana rematada com platibanda, a construção é idêntica à de beirado. As vigotas terminam no topo da parede exterior e encontra-se apenas tarugos sem a necessidade de *fascia*. Após a colocação da cobertura e do contraplacado estrutural, executa-se a construção da platibanda,

que tem uma construção similar à das paredes exteriores. Se a platibanda funciona como um murete contínuo em torno da cobertura, as paredes perpendiculares entre si servem para criar estabilidade. Quando a platibanda é formada por muretes independentes entre si, a sua estabilidade tem que ser garantida através do aumento da sua espessura ou da colocação de tirantes metálicos às vigotas.

A criação de pendente nas coberturas planas pode ser feita de várias formas: colocação das vigotas com pendente, desbaste das vigotas e colocação de uma camada de forma. A colocação das vigotas com a pendente necessária implica a construção de paredes a alturas diferentes para poder criar o declive. Para se otimizar a construção e funcionamento das paredes, as travessas de tecto de paredes paralelas ou perpendiculares devem-se sobrepor. Assim, construtivamente, as paredes são executadas até à cota do suporte inferior e o restante espaço de parede é feito com enchimento de madeira maciça para poucos centímetros e com pequenas paredes de prumos se a diferença for significativa. A utilização deste tipo de solução implica que o tecto criado pelas vigotas acompanhe o declive da cobertura. Para resolver esta condição usam-se empalmes aplicados às vigotas, de forma a criarem um plano direito, ou a introdução de uma estrutura para o tecto e, neste caso, as vigotas do tecto são de secção menor do que as vigotas da cobertura, sendo o seu espaçamento frequentemente maior.

A alternativa de desbastar as vigotas para criar pendente é uma técnica que funciona em situações onde o desenvolvimento da cobertura é menor, uma vez que se está progressivamente a reduzir a secção da vigota. Em casos pontuais, esta solução construtiva pode ser combinada com o acrescento de cunhas no topo das vigas na zona da cobertura com cota mais elevada, mas a sua prática é restringida pois as cunhas, em função da sua dimensão, tendem a rachar com a pregagem. Existe também a possibilidade de acrescentar o cutelo das vigas com empalmes.

A solução de aplicação de uma camada de formação de pendente com betão leve é pouco comum. A camada para formação de pendente com betão leve pode, eventualmente, vir a ser mais pesada do que a própria estrutura, sendo este facto indesejável do ponto de vista estrutural, uma vez que se pretende reduzir o peso próprio da cobertura devido a cargas acidentais sísmicas. Como alternativa à camada de formação de pendente de betão leve existe a solução de poliestireno expandido com

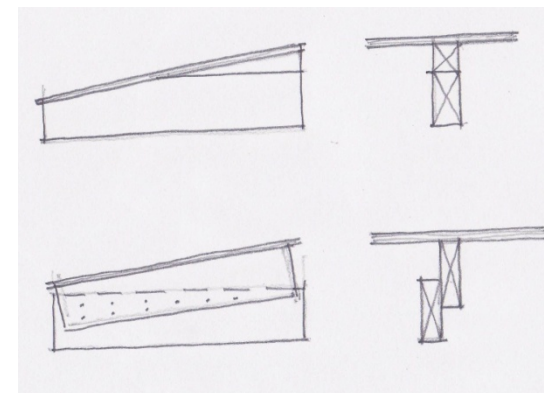


Fig. 4-14 Criação de pendentes com cunha e palmeta. (des. autor)

declives pré-estabelecidos. Este tipo de solução tem a vantagem de ser leve e de funcionar como isolante térmico, mas restringe o tipo de impermeabilização a aplicar, uma vez que não se pode recorrer a nenhum sistema aplicado a quente. A formação de pendente com poliestireno extrudido implica coberturas não visitáveis sem a aplicação de uma protecção mecânica.

A armação da cobertura inclinada difere da plana pela sua geometria e funcionamento. Na cobertura inclinada, para além da força com uma componente vertical resultante das cargas gravíticas, existe uma força de contraforte resultante da geometria da cobertura. Como as paredes são aligeiradas e não têm peso suficiente para gerar uma força resistente, a resolução deste tipo de cobertura passa por uma de três soluções. A primeira forma de resistir às forças de contraforte é a criação de um sistema de tirantes que podem ser, inclusive, o próprio sistema de tecto. Esta é a solução mais corrente e implica a armação das vigotas do tecto na mesma direcção das varas. As vigotas de suporte do tecto do último piso são suportadas pelas paredes exteriores e interiores mesmo que não façam parte do sistema resistente aos esforços laterais. Assim, as vigotas são sobrepostas por cima de cada apoio e pregadas face a face na sobreposição para garantir a continuidade de funcionamento como tirantes. Quando a cobertura tem mais de duas águas é comum a utilização do tecto para resolver as forças de contraforte das águas de maior dimensão e a utilização de tesouras nas águas menores. As águas de menor dimensão podem também ser armadas com tirantes às vigotas de tecto, e reforçadas para que os impulsos horizontais sejam resistidos pelas vigotas de tecto em flexão e pelo conjunto de paredes em baixo, em tracção e compressão. O recurso a tesouras como sistema principal de resistência às forças de contraforte é reduzido pela sua redundância estrutural com o tecto e custos adicionais. A utilização de tesouras justifica-se quando o plano do tecto é coincidente com a cobertura. Nesta situação, a colocação dos tirantes acima do topo da parede contribui para a qualidade arquitectónica do espaço. Devido à amplitude do esforço, é frequente que as tesouras sejam aplicadas em varas alternadas, com secções maiores do que estruturalmente necessário para que mantenham a sua linearidade. Neste tipo de construção, poucas são as circunstâncias onde se recorre à aplicação de terças. Como o espaçamento das varas é pequeno e o contraplacado colocado transversal às varas tem entre 5 a 8 apoios por folha, a distribuição de cargas é assegurada. A colocação do contraplacado estrutural requer a colocação de tarugos para apoio dos bordos de cada

folha, adicionando-se assim um outro elemento que auxilia a distribuição de cargas pontuais ao longo do plano da cobertura.

A segunda forma de resistir às forças de contraforte numa cobertura inclinada consiste no suporte directo da viga de cumeeira através de postes de madeira até à fundação. Quando a cumeeira é suportada o funcionamento da vara passa a ser igual ao de uma viga, ou seja, sem estar sujeita a força de contraforte. Este tipo de armação é mais frequente em edifícios residenciais até dois pisos e onde a inserção dos postes de suporte da cumeeira é facilmente integrados nas paredes por baixo sem ficarem expostos ou no meio do espaço.

A terceira forma de resistir às forças de contraforte é através da utilização de asnas. Este tipo de solução é comum em situações onde a repetição justifica a pré-fabricação, ou onde se pretenda uma certa característica espacial. As asnas que não ficam expostas servem simultaneamente como estrutura de cobertura e como tecto. Dependendo do vão entre paredes exteriores, a asna poderá ter dois apoios ou apoios intermédios, implicando a colocação de paredes portantes interiores. De uma forma geral, as asnas são mais económicas do ponto de vista de resistência de materiais, uma vez que os seus elementos não têm flexão e funcionam exclusivamente em tracção ou compressão. Os elementos da asna oculta no sótão são fixados com chapas metálicas denteadas, em que os dentes ou pontas resultam de um processo de estampagem. As asnas expostas pedem outro tipo de tratamento e a solução mais utilizada em asnas com elementos complanares consiste na utilização de chapa de aço perfurada e fixada à madeira com porca e parafuso. Quando a asna é constituída por elementos não complanares, em que alguns são simples e outros duplos para permitirem a sobreposição necessária nas juntas, poder-se-á utilizar parafuso de porca.

Em qualquer solução de cobertura inclinada é necessário manter a continuidade dos diafragmas formados por cada água, para garantir a transferência de cargas horizontais entre os vários planos da cobertura. A viga de cumeeira ou tarugos colocados no alinhamento da cumeeira, por exemplo, vão fornecer uma área de transferência, recebendo de cada água uma fileira de pregos fazendo com que esforços de corte aplicados a uma água possam passar para a viga ou tarugo, e depois para a outra água.

A execução da cobertura é similar à construção dos pavimentos, uma vez que os primeiros elementos colocados são as vigotas, os tarugos e o contraplacado estrutural. Em construção normalizada com vãos repetitivos existe a possibilidade de executar painéis de cobertura no solo e colocá-los posteriormente no plano da cobertura.

Nos Estados Unidos, os materiais de impermeabilização mais frequentes nas coberturas inclinadas são a telha de asfalto, a telha de madeira, a telha cerâmica e a chapa metálica. A telha asfáltica, de utilização mais generalizada, tem uma aplicação fácil na cobertura de madeira, uma vez que a sua fixação é feita com pregos directamente sobre o contraplacado estrutural sem necessidade de adicionar ripado. Como a telha é maleável, as juntas de sobreposição garantem a estanquidade da cobertura, com declives de 10 - 12º. O tempo de vida deste tipo de impermeabilização, com valores entre 10 e 30 anos, é mais reduzido do que o tempo de vida oferecido pela telha cerâmica ou pela chapa metálica. O seu peso reduzido permite, no entanto, a reaplicação até 3 camadas consecutivas, sem que se tenha de retirar as camadas inferiores. Uma vez que tenham sido aplicadas três camadas de telha, tornar-se-á necessária a remoção completa para aplicação de nova camada.

As telhas de madeira podem ser de dois tipos: *shingle* ou *shake*. A telha *shingle* é serrada em todas as suas faces e o seu perfil assume a forma de uma cunha, sendo mais esbelta no topo. A telha *shake* é mais texturada em resultado do seu fabrico, pois a um bloco de madeira é aplicado uma cunha metálica que separa o bloco em dois, sendo que as faces resultantes deste processo têm toda a fibra da madeira exposta como se de lenha se tratasse. Como a telha de madeira é inflamável, esta recebe em fábrica uma pintura com uma solução anti-inflamável. A reaplicação deste produto tem que ser feita de três em três anos, uma vez que as suas propriedades se alteram com ao tempo, devido a evaporação e a reacção química na presença de ultravioletas. Por serem muito leves, as telhas de madeira também permitem a reaplicação de uma nova camada por cima de uma camada existente. Dos materiais correntes para coberturas inclinadas, este é o que apresenta um tempo de vida mais curto. A selecção da madeira das telhas, geralmente sequóia ou cedro, associada a um adequado tratamento pode criar uma impermeabilização com um tempo de vida de 20 anos.

A telha cerâmica é o material de maior durabilidade mas com maior peso próprio. A sua utilização é mais comum no sul da Califórnia, onde a influência Mexicana é mais sentida. A utilização deste tipo de cobertura implica sempre o aumento dimensional da estrutura da cobertura em relação às outras soluções. A aplicação da telha é feita sobre ripado assente sobre o contraplacado estrutural. Entre o contraplacado e o ripado é frequente a aplicação de tela betuminosa, que tem como função evitar o contacto de água de infiltração ou condensação com o contraplacado. Com a introdução desta camada de impermeabilização é possível a utilização da telha com um declive menor do seria próprio para o material, ou seja, cerca de 18°. Nas situações onde a telha é aplicada em coberturas com declive acentuado ou sujeita a ventos, a sua fixação implica a utilização de ripas e grampos. Após a colocação da telha na ripa, é passado um arame por dois furos no topo da telha que a prende na ripa.

A cobertura metálica tem menos expressão no sector residencial do que no comercial. A chapa perfilada, devido à sua configuração, tem uma capacidade autoportante. No entanto, a sua aplicação é feita como forro ao contraplacado estrutural. Mesmo com características autoportantes, a chapa não funciona bem quando exposta a esforços de corte no seu plano. Desta forma, o contraplacado estrutural funciona como elemento estrutural resistente aos esforços laterais criados numa situação de sismo, enquanto que a chapa serve de impermeabilização. Encontra-se a aplicação de dois tipos de chapa: chapa perfilada e *standing seam*. A primeira corresponde à aplicação de chapas pré cortadas, perfiladas, que são colocadas com sobreposição com as chapas adjacentes. A dimensão da sobreposição varia em função do declive da cobertura para evitar a entrada de água entre as chapas, por capilaridade ou, simplesmente, por diferença de pressão. A cobertura com chapa em *standing seam* é aplicada em rolo. A perfilagem da chapa é feita em obra, na cobertura, permitindo uma chapa única da cumeeira até ao beirado. As únicas sobreposições são laterais e feitas através da quinagem dos topos das duas folhas de chapa em simultâneo. Este tipo de remate permite uma ligação perfeitamente estanque entre chapas. A cobertura metálica está frequentemente associado a climas com muita neve e onde os outros materiais se comportam de forma inferior.

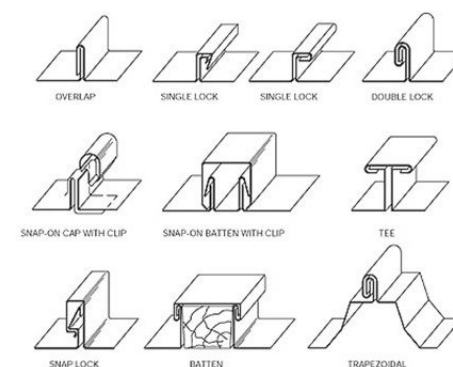


Fig. 4-15 Perfis de cobertura standing seam; (fonte:NRCA)

4.3.2.8 Paredes Interiores

Construtivamente, as paredes interiores são similares às paredes exteriores. As diferenças surgem em função da parede interior dar resposta a um menor número de factores do que as exteriores, nomeadamente a questões higrotérmicas. O seu funcionamento como elemento geral da estrutura vai também condicionar a sua construção. A parede interior poderá ser divisória, parte do sistema de transferência de cargas verticais e parte do sistema de transferência de cargas horizontais.

A parede divisória é construída com prumos, uma travessa de pavimento e outra de tecto. Não havendo necessidade de suportar cargas, a travessa de tecto é formada por um elemento único. A armação da parede pode ser feita como a da parede exterior, montada sobre o pavimento e posteriormente levantada. É igualmente possível a construção destas paredes após a colocação das paredes exteriores e do pavimento superior ou cobertura. Quando o pavimento superior ou cobertura estão colocados, a parede tem que ser construída na vertical, uma vez que o espaço entre o pavimento do piso e o tecto não permite a rotação da parede. Sendo divisória, a parede poderá ser executada com prumos de menor secção ou maior espaçamento do que as paredes exteriores, se tal se justificar.

Quando a parede interior faz parte do sistema de transferência de cargas verticais, a sua construção é igual à das paredes exteriores. A construção é feita de igual forma, sendo a armação da parede feita sobre o pavimento e depois posicionada na vertical. A parede portante tem que ter continuidade na vertical e uma fundação correspondente. Se os esforços transmitidos pela parede são somente verticais, a parede poderá assentar numa viga no piso térreo que é, por sua vez, suportada por postes e sapatas com um espaçamento reduzido.

Se a parede interior contribui para o sistema de transferência de cargas horizontais, tem que ser garantida a continuidade da função resistente do contraplacado de forro ao longo do seu desenvolvimento em todos os pisos. Quando a parede é interrompida por um pavimento, o contraplacado é pregado no alinhamento da travessa de pavimento que é pregada, por sua vez, à viga ou aos tarugos do pavimento, no alinhamento da parede. Estes elementos são,

consequentemente, pregados à travessa de tecto da parede inferior. Na parede inferior, o contraplacado é pregado à travessa de tecto, garantindo a continuidade de transferência de cargas através do sistema piso. A parede, na parte inferior, poderá estar ligada a uma fundação corrida ou a um pavimento térreo. Neste caso, uma ligação a uma viga de pavimento ou a tarugos garante a transferência de cargas da parede para o pavimento que, por seu turno, transmite as cargas à fundação corrida periférica.

Para além das eventuais funções estruturais das paredes interiores, factores como resistência ao fogo e isolamento acústico vão condicionar a sua construção. A parede interior, na sua forma mais simples, é construída com prumos de 5x100 mm e é forrada em cada face com folhas de gesso cartonado com 12 mm de espessura. Esta parede tem um baixo desempenho de resistência ao fogo e de isolamento acústico. As soluções de paredes com um funcionamento melhorado passam pelo aumento da espessura e tipo de gesso cartonado, aumento da secção dos prumos e redução do seu espaçamento, enchimento da caixa-de-ar da parede com material de isolamento acústico e eventualmente a duplicação dos prumos para formação de uma parede dupla. Existem várias soluções homologadas, por laboratórios independentes como por exemplo os *Underwriters Laboratories*, para diferentes classificações de resistência ao fogo e comportamento acústico. A sua aplicação directa na construção garante o desempenho pretendido com uma solução construtiva devidamente testada. Nos casos onde a solução construtiva não tenha sido homologada, são necessários testes para verificação dos parâmetros do seu comportamento.

4.3.2.9 Pavimentos

Os pavimentos na construção leve, pela sua forma construtiva, são sistemas unidireccionais. As vigotas de pavimentos vencem o vão num sentido único. Uma construção pequena, com um sentido único de armação do pavimento no desenvolvimento total da planta, implica uma série de paredes paralelas que são portantes e transmitem as cargas gravíticas às fundações. As paredes perpendiculares não seriam assim portantes, funcionando somente como encerramento do espaço. No entanto, como as paredes funcionam também para transferir os esforços horizontais à fundação, as paredes perpendiculares às portantes asseguram a transferência de esforços horizontais que ajam na laje, no sentido do vão. Quando os esforços são perpendiculares ao sentido do vão são as paredes portantes que transmitem os esforços à fundação. Como em situações reais os esforços impostos na estrutura devido à ocorrência de um sismo não vão actuar ortogonalmente com o edifício, ambas as paredes transmitem os esforços à fundação através da decomposição de forças.

Com este funcionamento torna-se importante a ligação do sistema de pavimento às paredes ou à fundação para assegurar a continuidade de transferência de cargas. Similarmente à descrição feita da continuidade de uma parede, o contraplacado estrutural de pavimento é pregado, em toda a periferia do piso, a vigas de bordadura ou tarugos. Estes elementos estão pregados às travessas de tecto das paredes inferiores ou ao frechal, no caso de um piso térreo.

As dimensões típicas das vigotas são da mesma série dimensional dos prumos: um lado da secção com 50 mm o outro variando entre 100 e 350 mm, em incrementos de 50 mm. O espaçamento das vigotas é semelhante ao dos prumos: 300, 400 e 600 mm ao eixo. As entregas das vigotas são feitas na travessa de tecto e tarugadas para evitar empenamento e torção. A utilização de tarugo em vez de uma travessa exterior contínua no topo das vigas permite uma entrega maior. O aumento da área de apoio das vigotas reduz o risco de esmagamento da face inferior das vigotas na entrega. Como a relação entre o vão e a esbelteza da peça é grande, a ruptura do elemento ocorre em função dos esforços de flexão e não em função de corte. Assegurando-se uma área de contacto generosa entre a vigota e o apoio, torna-se facilmente detectável o mau funcionamento ou a sobrecarga do sistema de pavimento através da sua flecha.

Após a colocação das vigotas para formar o pavimento, executa-se a colocação de tarugos ao longo do seu desenvolvimento. Os tarugos são colocados para serem coincidentes com as juntas do contraplacado estrutural que forra o pavimento. O contraplacado é assente com a sua maior dimensão perpendicular às vigotas, para garantir que cada folha tenha pelo menos três apoios. O desempenho do contraplacado às cargas verticais melhora substancialmente, como em qualquer elemento, com apoios múltiplos, pois a deformação causada por uma carga num vão é dissipada ao longo dos outros vãos. Da mesma forma, o funcionamento do contraplacado aos esforços de corte é também melhorado com o número de apoios da folha.

As paredes interiores que são perpendiculares às vigotas de pavimento implicam a colocação de tarugos entre as vigotas no alinhamento da parede. Como a parede representa uma carga pontual em cada vigota, a colocação de tarugos reduz o potencial que as vigotas tenham de empenar devido a esta carga. Quando a parede interior é paralela às vigotas, a parede deverá ser colocada no alinhamento de uma vigota. Se isso não for possível, no espaço entre vigotas poderá ser colocada uma vigota dupla no alinhamento da parede. A vigota a suportar a parede deverá ser dupla, uma vez que está sujeita à carga da parede e, como tal, terá uma deformação que será maior do que as vigotas adjacentes. Com a vigota dupla assegura-se que o pavimento não sofre deformação na zona da parede.

Os vãos típicos para este tipo de pavimento oscilam entre os 3000 mm e os 6000 mm; espaçamentos de 300 mm entre eixos com vigotas de 300 a 350 mm de altura permitem vãos de 7000 mm para ocupação habitacional. Para vãos com estes valores, torna-se mais eficiente e rentável a utilização de vigas I com a alma em contraplacado. Estas vigas são mais leves do que as vigas de madeira maciça, permitem alturas maiores e são mais resistentes. A sua utilização costuma ser justificada em edifícios com pouca variação entre vãos, de forma a que o mesmo tipo de viga possa ser utilizado pelo pavimento na sua totalidade. Como as vigas I não têm as mesmas alturas das vigotas maciças, é difícil a utilização de ambos os tipos de viga no mesmo sistema de pavimento. As vigas I têm como vantagem possibilitar maiores vãos, mas do ponto de vista do funcionamento a esforços horizontais nenhum destes tipos apresenta vantagem. A construção com um pavimento em vigas I é mais laboriosa, uma vez que a colocação de tarugos requer mais régua para enchimento da alma.

Como descrito no funcionamento da cobertura, consolas no sentido do vão são fáceis de executar, uma vez que as vigotas se estendem para fora da parede. No sentido perpendicular, a armação tem que ser alterada para se obter esse efeito. Assim, a consola perpendicular ao vão é constituída por uma série de vigotas que apoiam na parede exterior e fazem a entrega do topo numa viga dupla, orientada no sentido do vão. As consolas executadas com um pavimento típico têm, no seu máximo, $1/5$ do vão.

4.3.2.10 Circulação vertical

Podemos dividir a circulação vertical em dois tipos, em função dos seus requisitos: escadas e elevadores para movimentação dos utentes e *corettes* para passagem de serviços e infra-estruturas.

A execução de aberturas para a colocação de escadas ou elevadores, pela sua dimensão, fragiliza o pavimento. Quando um pavimento é exposto a acções sísmicas e tem esforços de tracção e compressão resultantes da aceleração do edifício, a abertura cria zonas de ruptura no pavimento. Os esforços no pavimento exercem uma força de compressão em dois vértices opostos e de tracção nos outros dois vértices da abertura. Quando o esforço é elevado, o diafragma formado pelo contraplacado é rasgado nos vértices que se encontram em compressão. Este efeito em nada difere do que acontece no mesmo tipo de situação em pavimentos de betão, simplesmente a resolução é diferente. No caso do betão, é adicionada uma armadura de corte, a 45º, em todos os vértices. Como na madeira não é possível adicionar-se um reforço a 45º, a solução passa pela colocação de tirantes que flanqueiam a abertura mas são contínuos, estendendo-se ao longo de todo o pavimento. A colocação destes tirantes permite a dissipação das forças ao longo destes elementos e pela extensão do pavimento. Esta solução é mais próxima da solução da estrutura reticulada de aço do que da solução de betão.

Associada a este tipo de abertura está, muitas vezes, a colocação de paredes com um funcionamento resistente. A questão da transferência de cargas horizontais entre o pavimento e a parede assemelha-se construtivamente ao que já foi dito em circunstâncias similares.

O poço das escadas, em edifícios de habitação multi-familiar, assim como os caminhos de evacuação horizontal, requerem uma construção com uma resistência ao fogo de pelo menos uma hora. Este requisito construtivo implica que a construção das paredes que formam o poço tenha uma constituição que garanta essa classificação. A escada, em si, pode ser construída com uma estrutura de madeira mas é necessária a sua protecção ao fogo, executada com painéis de gesso cartonado. O tratamento das paredes do poço de elevador não difere do tratamento das paredes das escadas, na medida em que tem que ter uma construção resistente ao fogo e com isolamento acústico que

minore o barulho causado pela operação no interior do edifício. No caso particular do elevador eléctrico, é comum a contribuição da estrutura do edifício para a estabilidade lateral do elevador, não obstante este ter de ser autónomo relativamente ao sistema estrutural para as cargas gravíticas.

A abertura imposta por uma *corette* é muito menor e não associa consigo a concentração de esforços que se encontra na abertura de uma escada. As *corettes* encontradas nos edifícios a que este sistema construtivo se presta, habitação multi-familiar e pequenos edifícios comerciais, têm dimensões que lhes permitem serem inseridas no espaçamento entre vigotas. No enclausuramento da *corette* com paredes é necessária a construção com uma resistência ao fogo adequada. Entre cada piso, as infra-estruturas, como por exemplo ductos de exaustão de uma cozinha, são tarugadas para seccionar o vazio da *corette* em extensões que não excedem um piso. Estes tarugos têm que ser maciços para impedir a propagação da chama.

4.3.2.11 Infra-estruturas técnicas

As infra-estruturas encontradas neste tipo de construção são em função das tipologias ocupacionais dos edifícios. Os edifícios que se proporcionam a este tipo de construção são munidos das infra-estruturas e redes técnicas próprias de cada tipologia ocupacional. Na habitação temos:

Rede de abastecimento de água potável

Rede de esgotos domésticos

Rede de esgotos pluviais

Rede de aquecimento, ventilação e ar condicionado

Rede de potência e iluminação

Rede de telecomunicações

Rede de gás

Considerando que os edifícios visam a possibilidade de actividade humana independentemente das condições climatéricas, as infra-estruturas e redes técnicas garantem as condições de habitabilidade com conforto e segurança.

O sistema construtivo aligeirado em madeira é razoavelmente permeável à incorporação das redes no edifício. As redes com maior impacto espacial no edifício são as redes de esgotos e de aquecimento, de ventilação e de ar condicionado (AVAC), devido à sua dimensão. Os esgotos domésticos requerem uma coordenação mais acentuada com a armação dos pavimentos. Colocando as louças a pouca distância de uma *corette*, pode-se facilmente interromper uma vigota desde que se crie uma trajectória alternativa para as cargas do pavimento. Quando o ramal de ligação à prumada tem um grande percurso horizontal é imperativo, para um tubo de secção grande, que o seu desenvolvimento seja feito paralelo às vigotas.

No caso da tubagem de AVAC, assumindo sistemas de VAV (*variable air volume*) ou CAV (*constant air volume*) que são sistemas exclusivamente a ar, a rede de distribuição é projectada em estrela ou *loop*, para permitir que a rede primária de distribuição possa percorrer o edifício em zonas onde o pé direito seja mais baixo e ter os ramais de insuflação distribuídos entre as vigas. No caso de edifícios com dois pisos, é comum a distribuição da rede de insuflação ser feita pelo vazio sanitário para o piso térreo e pelo sótão para o piso superior.

Para redes com dimensões menores, a distribuição é feita através de furos feitos nos prumos e nas vigas. No caso particular da rede de potência e iluminação, é necessário o reforço metálico dos prumos junto aos condutores a fim de evitar perfurações feitas pelos utentes e o consequente contacto accidental com os condutores. O atravessamento de vigotas é possível, dentro de certos limites. As aberturas permitidas variam da maior dimensão a meio vão, reduzindo progressivamente até aos topos das vigas, pois a meio vão a viga funciona em tracção e compressão, fazendo com que o centro da viga seja de menor relevância para o seu desempenho. Nos topos da viga os esforços mais acentuados são de corte e, assim, toda a secção contribui para o seu funcionamento levando a que as furações possíveis sejam de menor dimensão.

5 Materiais e produtos usados na construção: Europa e Estados Unidos

Madeira maciça

A madeira em toro é descascada, falquejada e desfiada às dimensões pretendidas. Será posteriormente aplainada e aparelhada em função da utilização. A madeira de resinosas é utilizada em todas as áreas da construção. Quando a madeira de resinosas é utilizada em exteriores ou em utilizações onde esteja exposta a índices de humidade mais elevados deverá ser tratada contra o ataque de fungos e insectos xilófagos ou ser naturalmente resistente. A madeira deverá ter durabilidade natural ou conferida por tratamento preservador comprovadamente eficaz, adequado a classe de risco de utilização definida na EN335-1, variando de CR1 a CR5.

Para que exista o mínimo de flutuação dimensional após aplicação, a madeira deverá ter um teor em água o mais perto possível do de serviço. Os teores em água de equilíbrio em serviço são, tipicamente, de aproximadamente 9% em edifícios condicionados, 12% em não condicionados, 15% em edifícios cobertos mas abertos e 18% em construções expostas à intempérie.

A classificação da madeira para estruturas pode ser mecânica (EN 14081-1 a 4:2005 - *Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section.*) ou visual (EN 1912:2008 - *Structural timber. Strength classes. Assignment of visual grades and species*, e NP 4305:1995 – “Madeira serrada de pinheiro bravo para estruturas. Classificação visual.”, sendo que nesta última deverão ser tomados em consideração os nós, a largura média de anéis de crescimento anual, as fendas, as manchas, a madeira de compressão, os empenos e a inclinação do fio. Um conjunto de classes de resistência encontra-se definido na EN 338:2003 (ed.2) - *Structural timber; Strength classes*. Nesta norma encontramos nove classes para resinosas e seis para folhosas. As classificações, por exemplo C16, C24, referem-se ao valor característico de rotura em tensão.

A classificação mecânica encontra-se menos difundida do que a visual, sendo assim poucas espécies de madeira especificadas por esta via.

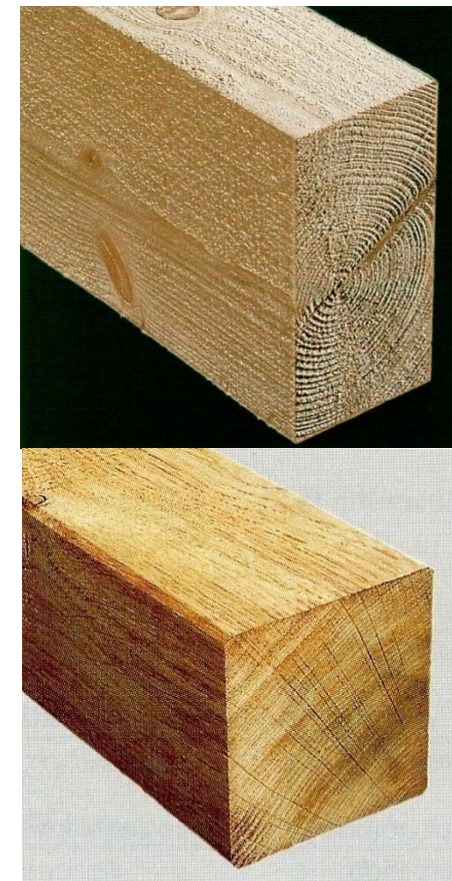


Fig. 5-1 Madeira maciça de secção rectangular (Hugues, 2004)

Propriedades	Classes de resistência					
(Valores característicos)	Resinosas				Folhosas	
	C16	C18	C24	C30	D40	D60
	N/mm ²				N/mm ²	
Flexão estática	16	18	24	30	40	60
Tracção paralela às fibras	10	11	14	18	24	36
Tracção perpendicular às fibras	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7
Compressão paralela às fibras	17	18	21	23	26	32
Compressão perpendicular às fibras	4,6	4,8	5,3	5,7	8,8	10,5
Corte	1,8	2	2,5	3	3,8	5,3
Módulo de elasticidade em flexão	kN/mm ²				kN/mm ²	
Paralelo às fibras (valor médio)	8	9	11	12	11	17
(valor característico)	5,4	6	7,4	8	9,4	14,3
Perpendicular às fibras (valor médio)	0,27	0,3	0,37	0,4	0,75	1,13
Módulo de distorção (valor característico)	0,5	0,56	0,69	0,75	0,7	1,06
Massa volúmica	kg/m ³				kg/m ³	
(valor médio)	370	380	420	460	700	840
(valor característico)	310	320	350	380	590	700

Fig. 5-2 Tabela parcial com classes de resistência de acordo com a EN 338:2003 (Ed. 2)

Espessura (mm)	Altura (mm)											
	75	100	115	125	150	160	175	200	225	250	275	300
16	X	X	X	X	X	X	X	X				
19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
38	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
63	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
125		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
150					X	X	X	X	X	X	X	
175					X	X	X	X	X	X	X	
200						X	X	X	X	X	X	
250								X	X	X	X	

Fig. 5-3 Tabela com dimensões preferenciais para madeira maciça de acordo com a EN 1313-1:1997/A 1:1999 (Ed. 1).
A EN 336:2003 (Ed. 2) estabelece as dimensões e tolerâncias para as madeiras de resinosas para uso estrutural, sendo as dimensões similares às da EN 1313.

Madeira Estrutural Colada (*Structural Glued Lumber*)

Este tipo de elemento faz um uso mais eficiente de recursos, pois consiste na colagem de uma série de elementos de menor comprimento. Como o fabrico é feito a partir de elementos com um baixo teor em água, a sua estabilidade dimensional é muito boa. Do ponto de vista regulamentar, na Europa e nos Estados Unidos da América, estes elementos podem ser utilizados em qualquer aplicação onde a madeira maciça seria utilizada, tanto em montantes e travessas como em vigas e vigotas. A colagem da madeira pode ser feita de três formas: com *finger joints* à face, ao cutelo ou simplesmente sobreposta.

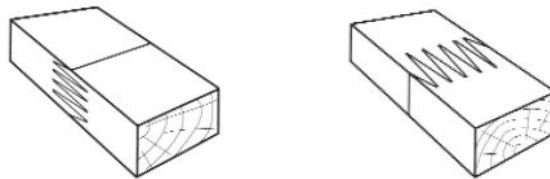


Fig. 5-5 Ligações de madeira estrutural colada com finger joints (Trada, 2003a).

Como o processo de classificação deste tipo de madeira é idêntico à classificação da madeira maciça, os valores de projecto destes elementos colados são iguais aos da madeira maciça. Na Europa é aplicável a EN338:2003 (*Structural timber - Strength classes*) quanto às classes de resistência e a EN 14081-1 a 4:2005 – (*Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section*), relativamente a classificação por meios mecânicos. Nos Estados Unidos estes elementos estão normalizados pela norma ASTM *Product Standard D2559* e WWP *Glued Products Procedures for Mill Certification and Quality Control C/QC 101*. No caso particular da classificação americana, estes elementos são ainda classificados quanto à sua utilização caso seja horizontal, como no caso de vigas, ou vertical, como no caso de montantes e prumos. Assim, o primeiro caso é classificado para

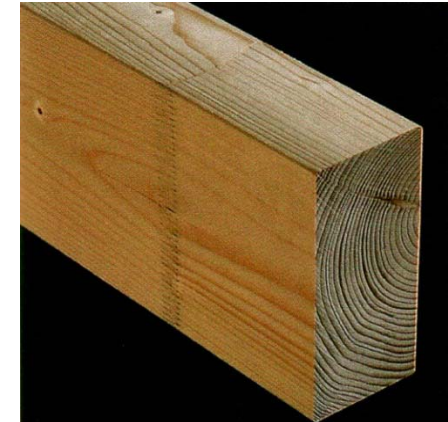


Fig. 5-4 Madeira estrutural colada (Hugues, 2004).

uma aplicação generalizada, inclusive em exteriores, com a classificação *CERT EXT JNTS* e os elementos para utilização vertical, com a classificação *VERTICAL USE ONLY*. Se bem que os elementos de ambas as classificações sejam colados com cola de aplicação exterior, a sua utilização deve evitar aplicações onde os elementos sejam possam ser saturados de água. (WWPA, 2001a)

Os elementos de aplicação generalizada apresentam alturas até 25 cm e podem ser fabricados com comprimentos até 10 m. Os elementos para utilização vertical têm alturas até 150 mm e comprimentos 3,60 m. Este material, para além dos ensaios usuais para verificação de resistência à flexão, à tracção e ao corte, é sujeito a ensaios de delaminação. Estes ensaios visam verificar o comportamento das ligações a ciclos de molhagem e secagem que causam o inchamento e a retracção da madeira e esforços na junta colada.

A madeira estrutural colada é utilizada na armação de pavimentos, paredes e coberturas.

Vigas Lameladas Coladas (*Glulam*) e *Laminated Wood Decking*

As vigas lameladas são formadas pela colagem de face e de topo de réguas de madeira maciça para perfazer uma viga de maior altura. Uma viga lamelada é composta por, pelo menos, três camadas. Em cada lamela, o comprimento da viga é feito por elementos colados de topo com *finger joints*.

Poder-se-á considerar que, numa viga lamelada, os defeitos naturais da madeira foram redistribuídos e o seu efeito minimizado. Uma viga de madeira lamelada é, em geral, mais resistente do que uma viga de madeira maciça de secção equivalente. Isto é alcançado através da composição das várias camadas do lamelado. Para se otimizar a resistência, a composição das várias camadas é feita para que a camada superior e inferior sejam compostas por madeira de maior resistência. A madeira das camadas centrais, sendo de menor resistência é também frequentemente mais leve reduzindo assim o peso próprio. Para além da forma mais típica de lamelas dispostas na horizontal, os elementos lamelados também podem surgir noutras configurações com lamelas coladas lateralmente. No entanto, estas disposições estão mais associadas ao fabrico de painéis do que a elementos lineares, como vigas e arcos, sendo pouco comum nestes casos. A empresa *Standard Structures, Inc.*, uma das pioneiras no fabrico de glulams no Norte da Califórnia, desenvolveu o *High Strength Composite Glulam* (HSC) que consiste num glulam onde as lamelas de compressão e tracção são substituídas por LVL.

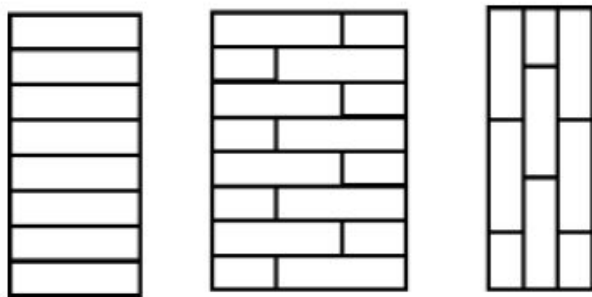


Fig. 5-8 Vários esquemas de disposição de lamelas; somente o exemplo da esquerda está abrangido pela EN 14081 por ser o mais comum (Trada, 2003b)

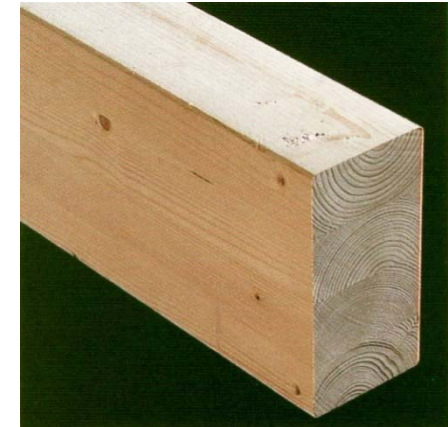


Fig. 5-6 Viga de madeira lamelada colada (Hugues, 2004).



Fig. 5-7 High Strength Composite Glulam da Standard Structures, Inc (Standard Structures, Inc)



Fig. 5-9 Laminated wood decking (lockdeck.com)

As vigas lameladas coladas, ao serem compostas por várias camadas, permitem o fabrico de elementos curvos. Assim, durante o fabrico, é possível a incorporação de contra flecha ou a criação de uma viga curva, como por exemplo para construção de um arco de três rótulas.

Sendo uma viga lamelada fabricada a partir de outras secções de madeira maciça já aparelhada na sua dimensão final, quer em largura quer em altura, será sempre menor do que a soma do número de elementos utilizados, devido ao facto de, após a colagem e respectivo processo de secagem, a viga ter de ser reaparelhada, ficando assim com uma dimensão menor.

Os elementos lamelados colados são utilizados predominantemente em aplicações onde a carga ou vão é maior e em situações onde a forma do elemento seja de grande relevância.

Na Europa, a EN 14080:2005 (Ed. 1) estabelece os requisitos necessários à marcação CE, a EN 1194:2002 (ed.1) estabelece as classes de resistência para os lamelados colados e a EN 386:2001 apresenta os requisitos mínimos de fabrico. (Cruz, 2007)

Nos Estados Unidos, encontramos ainda *laminated wood deck*, que consiste em pranchas de madeira lamelada colada, e é similar em fabrico às vigas lameladas. Cada elemento é composto pela lamelagem de três ou cinco réguas desfasadas entre si, para criação de ligações macho-fêmea. Estes elementos acoplados entre si servem para a criação de pavimentos ou coberturas em estruturas de pilar e viga.

Painéis Lamelados (*Massiv e Brettstapel*)

Os painéis lamelados apresentam algumas semelhanças às vigas lameladas, na medida em que são compostos por uma série de réguas justapostas. As duas formas mais comuns são os painéis pregados e os painéis colados. Este tipo de elementos está intimamente ligado a sistemas de construção pré-fabricada e, como tal, a largura dos painéis é ditada por regras de transporte e de posicionamento e manuseamento em obra. Assim, os painéis têm cerca de 2,40 m de largura, com um comprimento máximo de 12 m.

No caso dos painéis pregados (*brettstapel*), cada régua é lamelada à anterior através de pregagem. A posição dos pregos é alterada em cada camada para distribuir os pregos e evitar a fissuração da madeira. Outra forma alternativa de fixação das réguas é através da aplicação de buchas de madeira, também estas desfasadas entre camadas consecutivas.

Os painéis maciços (*massiv*) têm uma alma feita de elementos de madeira maciça lamelada por colagem e aplicação de buchas de madeira. No exterior, em ambas as faces, são aplicadas réguas no plano do painel, em camadas sucessivas com direcção cruzada. A fixação destas camadas exteriores é feita através de colagem e aplicação de buchas de madeira.

Como estes tipos de painéis são utilizados em construção maciça, a resistência da madeira pode ser menor do que a usada noutras aplicações. As espessuras de cada régua ou lamela não está normalizada, no entanto, é comum a utilização de espessuras de cerca de 3 a 5 cm para permitir que o painel possa ficar exposto e minimizar empenos.

Os painéis são utilizados para a construção de paredes, pavimentos e coberturas, sendo a ligação entre painéis no mesmo plano feita através de ligações macho-fêmea. No caso particular das lajes feitas com painéis *brettstapel*, existe a possibilidade de aplicação de uma lâmina de compressão de betão no sistema de pavimento.

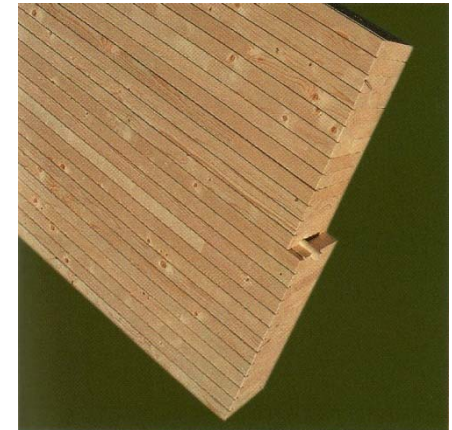


Fig. 5-10 Painel no sistema *Brettstapel* (Hugues, 2004).



Fig. 5-11 Parede no sistema *Massiv* (thoma.at).

Pranchas, tábuas e réguas

Estes elementos são de secção rectangular e incluem peças de diversas dimensões e funções. As pranchas, tábuas e réguas servem para a construção de forro de fachada, tecto, e pavimento, por exemplo. Estas secções são obtidas da mesma forma que as vigas: no desfiar da falca. A falca, consoante as suas dimensões e características, é desfiada de forma a otimizar o aproveitamento de toda a secção podendo assim gerar elementos de diferentes dimensões.

Se a aplicação não for de carácter estrutural a classe de resistência das peças não é importante sendo somente relevante a sua classificação de exposição. Em aplicações exteriores a madeira deverá ser naturalmente resistente à intempérie ou ser previamente tratada.

Os elementos perfilados, feitos a partir de réguas, servem predominantemente para a execução de forros interiores e exteriores.



Fig. 5-12 Réguas de madeira maciça (Hugues, 2004).

Folheado e Painel Lamelado (*Blockboard*)

O folheado é um painel constituído por três camadas. A camada interior é mais espessa do que as camadas de forro e é obtida por corte de serra circular ou de fio. Em cada face é aplicado por colagem um folheado de uma madeira mais nobre como acabamento.

O folheado é um material de acabamento, tendo utilização em acabamentos na construção, mobiliário, etc.

O *blockboard*, geralmente referido como tri-capa ou 5-capa em função do número de camadas, tem uma construção similar ao folheado, excepto que a camada ou camadas interiores são feitas a partir de régua de madeira maciça, sendo que o produto final tem entre 2 a 4 cm de espessura. Este tipo de painel é utilizado para construção de portas, mobiliário, acabamentos e forro de pavimentos e coberturas.



Fig. 5-13 Folheado e *blockboard*(Hugues, 2004).



Fig. 5-14 Contraplacado(Hugues, 2004).

Contraplacado

O contraplacado é fabricado a partir de folhas de madeira coladas. Um painel de contraplacado tem sempre um número ímpar de camadas, dispostas com a fibra perpendicular entre si. A laminagem cruzada confere às folhas de contraplacado a sua resistência, rigidez e estabilidade dimensional. O contraplacado para uso estrutural tem, pelo menos, cinco camadas. As classificações do contraplacado são dadas em função das sua resistência e durabilidade à intempérie, sendo o tipo de cola diferente em função da aplicação.

As camadas interiores são de qualidade inferior às exteriores, sendo os nós recortados e remendados. Em aplicações estruturais, os remendos são aceitáveis nas camadas exteriores enquanto que, em situações onde o painel serve de acabamento, o número de remendos possível é muito reduzido.

Em construção, o contraplacado tem aplicações variadas que incidem na execução de *shear walls* em paredes e diafragmas em pavimento e coberturas. O contraplacado é igualmente utilizado como alma na construção de vigas I.

Laminated Veneer Lumber (LVL) e Structural Veneer Lumber (SVL)

O LVL é fabricado através da laminagem de folheados num alinhamento paralelo e, em poucos casos, perpendicular (como no caso do contraplacado). Este material foi desenvolvido nos finais dos anos 60 e começou recentemente a ter aceitação, principalmente no fabrico de elementos lineares como vigas ou como componentes no fabrico de vigas I. Como o LVL e SVL são fabricados a partir de folheado, o seu uso é mais eficiente do que o uso da madeira maciça. Devido à sua composição, os defeitos da madeira são limitados à espessura de cada camada de folheado e estão distribuídos de maneira uniforme pelo elemento. Assim, consegue-se um elemento bastante uniforme, com uma alta resistência, e que permite a utilização de árvores mais jovens e de menor qualidade. No fabrico o folheado é seco a 8% de humidade e classificado por largura e resistência uniforme. A cola é aplicada e o LVL é depois sujeito a pressão e calor uniforme até o processo de colagem estar completo. Os painéis têm uma espessura entre 45 e 65 mm, 1,2 m de largura e comprimentos até 25 m. Do painel são serrados elementos com várias dimensões para fabrico de elementos lineares como vigas ou banzos para vigas I.

Como o LVL e o SVL são produzidos a partir de madeira seca, são dimensionalmente estáveis sem ocorrências de retracção ou empenos. No entanto, durante a aplicação e utilização, os elementos devem ser mantidos secos, sendo que durante o fabrico é comum a aplicação de um selante nos topos dos elementos como prevenção ao contacto com humidades.

O LVL é produzido a partir de uma variedade de espécies de madeira. No entanto, na composição de um elemento, não são misturadas nem diferentes espécies, nem madeira com diferentes classificações de utilização. Assim, a resistência de um elemento é dada pela sua composição única. Devido ao seu aspecto, a aplicação de SVL é comum ser feita de forma a receber um acabamento. A utilização de SVL é predominantemente feita em banzos de vigas I e em fabrico de vigas e vigotas e, mais esporadicamente, em substituição das camadas de tracção e compressão em vigas lameladas coladas.

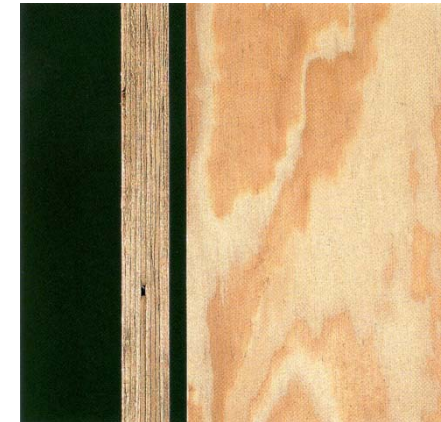


Fig. 5-15 Laminated Veneer Lumber (Hugues, 2004).

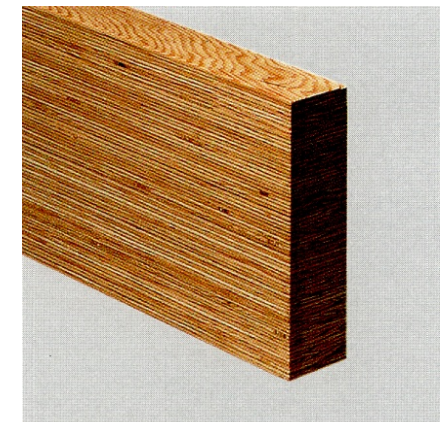


Fig. 5-16 Structural Veneer Lumber (Hugues, 2004)

Oriented Strand Board (OSB)

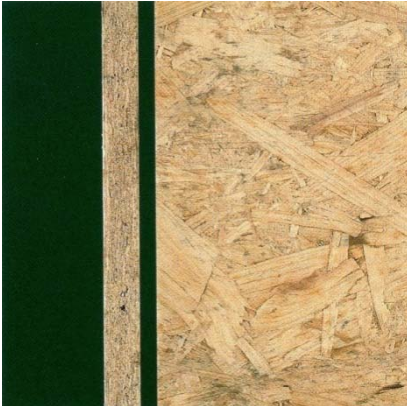


Fig. 5-17 *Oriented Strand Board* (Hugues, 2004).

Os painéis OSB são fabricados a partir de pequenas plaquetas de madeira. As plaquetas, ao longo da espessura do painel, vão mudando de direcção de forma similar ao contraplacado. Numa espessura onde a folha de OSB tenha três camadas, duas faces têm as plaquetas orientadas no sentido longitudinal da placa, enquanto que aproximadamente 50% da secção correspondente ao interior está orientada perpendicularmente. Caso a placa seja mais espessa, como no caso do contraplacado, as plaquetas são orientadas cruzando-se de forma a fazer cinco ou sete camadas diferentes.

O OSB é um painel com fins estruturais e as suas aplicações são idênticas às do contraplacado, onde por vezes o substitui.

Laminated Strand Lumber (LSL)

Os painéis LSL apresentam uma certa semelhança aos painéis OSB, na medida em que são fabricados a partir de plaquetas. Este material surge em meados dos anos 80, na Europa, tendo como objectivo a criação de um elemento convencional que pudesse tirar melhor partido de madeira de menor dimensão, resistência e pouco direita.

No processo de fabrico, as plaquetas, neste caso longas e com comprimentos que podem atingir 30 cm, são obtidas a partir de toros. Após a secagem, as plaquetas são revestidas com cola e comprimidas em prensas onde é adicionada uma injeção de vapor.

As placas criadas podem ter dimensões de 14 cm de espessura, 2,4 m de largura e 10 m de comprimento. Uma breve análise dos valores de alguns fabricantes indica que o LSL tem cerca de 70% de resistência à flexão do LVL variando, obviamente, em função das espécies consideradas.

O LSL é utilizado para vigotas, particularmente *rim joists*¹ na construção de pavimentos e coberturas.

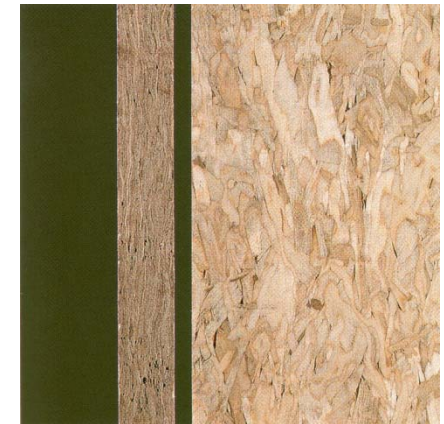


Fig. 5-18 Laminated Strand Lumber (Hugues, 2004)

¹ *Rim joists* são as vigotas periféricas de um sistema de pavimento *light framing* que têm por objectivo tarugar as entregas das vigotas do pavimento; complementam na transmissão de cargas verticais da parede exterior de um piso superior.



Fig. 5-19 *Parallel Strand Lumber* (ilevel.com).

Parallel Strand Lumber (PSL)

Os elementos de PSL têm uma aparência semelhante aos de LSL. O processo de fabrico é, no entanto, ligeiramente diferente, resultando assim num produto com maior resistência potenciando outras utilizações.

No fabrico de elementos de maior dimensão, à semelhança do das vigas lameladas coladas, são extraídas tiras de folheado de madeira até 2,4 m de comprimento, com cerca de 3 mm por 15 mm. As tiras de madeira são retiradas de folheado das camadas exteriores do toro por terem maior resistência mecânica. Após o processo de secagem a 11% de humidade, o folheado é classificado e seleccionado em função da resistência. As tiras são depois agrupadas de forma paralela e revestidas com cola resistente à humidade (com resinas de base fenólica-formaldeído) para posterior compressão e cura do adesivo através dum processo de microondas. O elemento produzido tem dimensões de cerca de 275 mm de largura, 480 mm de altura e 20 m de comprimento. A partir deste são desfiados elementos de menor dimensão, consoante a aplicação. No fabrico de vergas e vigas, as dimensões comuns são de 45 mm, de 65 mm, de 133 mm e de 178 mm, orientadas para o mercado americano. É de salientar que, até 2004, o PSL só era fabricado nos Estados Unidos da América. (Hugues, 2004)

Novamente, a distribuição uniforme de defeitos da madeira ao longo do elemento de PSL e a sua redução à expressão da dimensão de cada tira faz com que, para secções iguais, o PSL tenha maior resistência do que madeira maciça.

Aglomerado de fibras de madeira (*Fiberboard*)

Os aglomerados de fibra de madeira são produzidos com diferentes densidades e com ou sem a introdução de adesivos. Estes painéis utilizam os desperdícios do processo de serração e fabrico de outros produtos. À pasta de fibra criada são adicionados aditivos para conferir propriedades ao painel em função da sua utilização, tais como tratamento para fungos e insectos xilófagos e aditivos hidrófugos. Para painéis de menor densidade, a pasta é comprimida e a adesão entre as fibras é garantida pelas próprias características de adesão da madeira. Em painéis de maior densidade é adicionado um adesivo à pasta. Os painéis de baixa densidade não têm função estrutural e são utilizados na composição de pavimentos, de paredes e de coberturas, como elemento acústico. Um caso particular é o do painel *Asphalt Treated Board*, utilizado nos Estados Unidos da América, ao qual é adicionado uma emulsão betuminosa que confere ao painel características de impermeabilização. Assim, este tipo de painel presta-se melhor para aplicações em coberturas e paredes exteriores.

O *medium density fiberboard* (MDF) é um painel que tem ampla utilização na construção, podendo ter algumas aplicações de carácter estrutural. A sua aplicação, no entanto, é predominantemente em interiores.

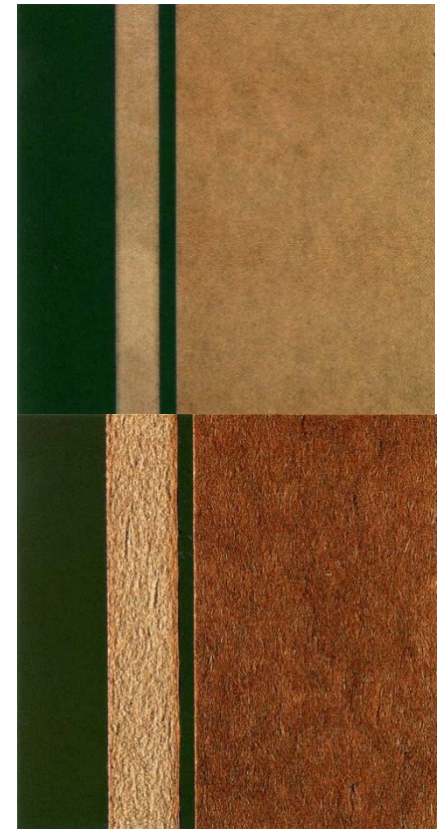


Fig. 5-20 *Fiberboard* (Hugues, 2004).

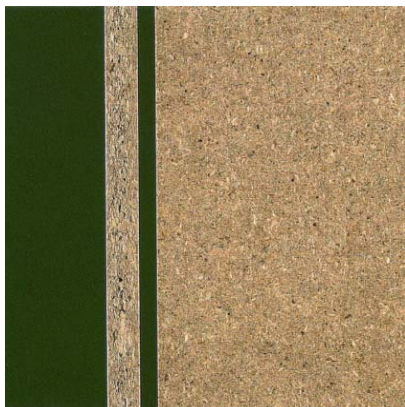


Fig. 5-21 *Particle board* (Hugues, 2004)



Fig. 5-22 *Cement fiberboard* (Hugues, 2004)

Aglomerado de partículas de madeira com aglomerante de resinas sintéticas (*Particle Board*) ou cimento (*Cement Fiberboard*)

Estes painéis são fabricados a partir de partículas de madeira ligadas com um aglomerante, que pode ser um adesivo ou um aglomerante mineral, como o cimento. As fibras são dispostas de forma cruzada ao longo da secção do painel, de forma gradual ou em camadas. Este processo permite ao painel ter maior estabilidade dimensional e garante o mesmo tipo de comportamento em ambas as direcções do mesmo. A prensagem do painel é feita para que as faces dos painéis sejam mais rígidas do que a camada interior.

Os painéis de madeira podem receber tratamento no entanto, devido à sua estrutura, a sua utilização em exteriores não é usual. Os painéis de cimento, por outro lado, devido à sua composição, são muito tolerantes a humidades e são utilizados em aplicações exteriores ou como forro estrutural em divisões húmidas, como instalações sanitárias.

Paineis e mantas para isolamento térmico

Isolamento de origem vegetal

O *Wood Wool Board* é um painel produzido a partir de aparas de madeira, em fio, com um aglomerante de cimento e de carbonato de magnésio, que mineraliza a madeira. O painel tem baixa densidade e, através das bolsas de ar que contem, funciona como isolamento térmico. Permite aplicação em pavimentos, paredes e tectos.

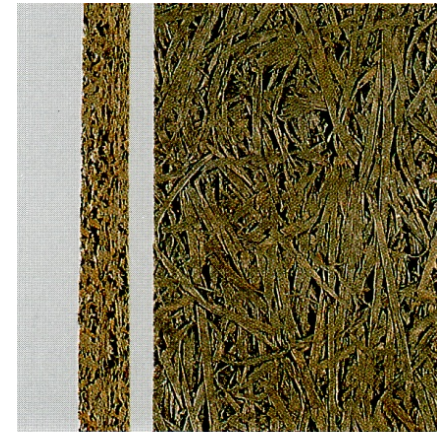


Fig. 5-23 *Wood Wool Board*(Hugues, 2004)

Os painéis de cortiça são fabricados a partir de cortiça expandida. A cortiça é primeiro expandida com vapor e seguidamente formada em painéis. A cortiça tem uma resistência natural a fungos e decomposição. A sua resistência à compressão faz deste material uma boa escolha para utilizações em pavimentos. A cortiça pode também ser utilizada em grânulos, como isolamento térmico no preenchimento de cavidades entre vigotas.

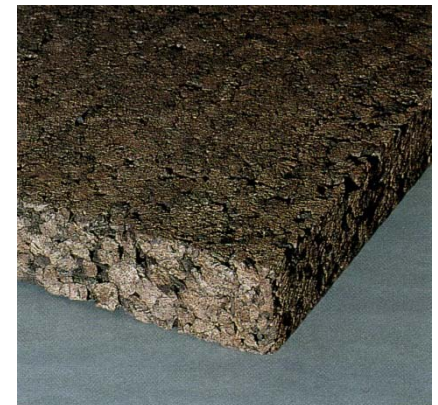


Fig. 5-24 Painel de cortiça(Hugues, 2004)



Fig. 5-25 Painel de fibra de côco (Hugues, 2004).



Fig. 5-26 Manta de linho(Hugues, 2004).

O painel de fibra de côco é produzido a partir da fibra da parte exterior do coco. Após um processo de imersão prolongada em água salgada, as fibras são lavadas, secas, e prensadas em painéis ou mantas.

As mantas de linho são feitas a partir dos caules da planta e têm uma resistencia natural a bolores. As mantas têm uma baixa densidade e portanto prestam-se a aplicações onde não sofram compressão.

Existem também placas de fibra de sisal ,com maior restência ao rasgo e mais densas. Devido à maior densidade, são fabricadas em painel, frequentemente com uma mistura de fibras de algodão.

Outro tipo de manta de isolamento de base vegetal é a de fibra de algodão, fabricada a partir dos caules da planta ou a partir de algodão reciclado, como calças de ganga.

Isolamento de origem animal

As mantas de lá de ovelha são produzidas a partir de lã reciclada e nova. Através da adição de borato de sódio, a lã passa a ser bastante resistente a insectos e bolores. As mantas são utilizadas para isolamento em pavimento paredes e tectos.



Fig. 5-27 Manta de lã(Hugues, 2004)



Fig. 5-28 Manta de lã mineral (Hugues, 2004).

Isolamento de origem mineral

As placas ou mantas de lã mineral e de vidro são produzidas a partir de rocha e vidro respectivamente. Este tipo de isolamento é imputrescível e deve ser protegido de humidade pois perde largamente a sua função e forma. Existem no mercado mantas e painéis com forro de folha de alumínio, papel *kraft*, feltro, etc. Em densidades maiores, os painéis podem funcionar como elementos de insonorização em pavimentos. A lã de vidro e rocha são materiais incombustíveis.

Isolamentos de base sintética

Os painéis de origem plástica são produtos refinados de petróleo que são produzidos a partir de um material base e um gás expensor. As espumas plásticas são porosas em estrutura.

O poliestireno expandido (EPS) é produzido em placas e tem uma estrutura de célula fechada. O poliestireno extrudido (XPS) é muito parecido com o poliestireno expandido ,excepto no processo de fabrico. A espuma de poliuretano não difere em princípio, do poliestireno mas suporta temperaturas mais elevadas sem se degradar. Qualquer um destes materiais é sensível aos raios UV. São materiais resistentes a pestes e bolores e não devem ser expostos a condições onde entrem em contacto directo com água. Como qualquer elemento rígido, quando utilizado entre prumos ou vigotas, não acompanha bem as movimentações higrotérmicas da madeira.

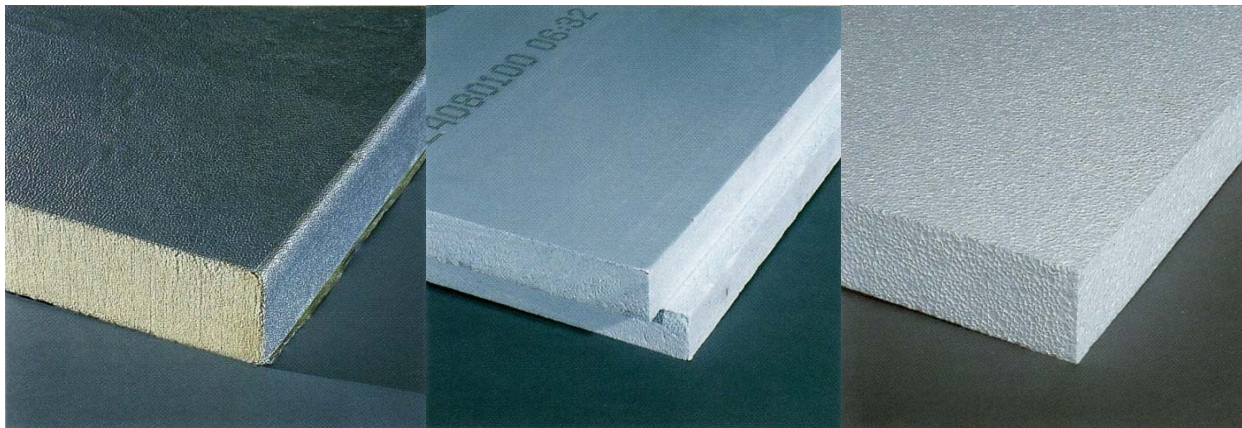


Fig. 5-29 Isolamentos de base sintética
(Hugues, 2004)



Fig. 5-30 Gesso cartonado(Hugues, 2004).

Gesso cartonado

As placas de gesso cartonado são feitas a partir de gesso e cartão. Existem diferentes tipos adequados a aplicações diferentes: para zonas húmidas, ignífugos, folheados a alumínio, a chumbo (para aplicações de radiologia), e com isolamento térmico.

A utilização dos painéis é predominantemente de interiores, sendo a fixação feita por parafusos a prumos ou travessas. Em construção ligeira de madeira e aço pode fazer parte integrante do sistema resistente a cargas horizontais, sendo incorporado em parede e tectos.

Engineered Wood Products.

Asnas com chapas metálicas denteadas (tipo Gang Nails)

Asnas ligeiras, de cobertura ou pavimento, em que os ligadores são aplicados em fábrica e têm a forma de chapas denteadas obtidas por estampagem. Este tipo de asna é económico devido ao processo de fabrico.

Wood flange – metal open web flat trusses

Asnas em que os elementos da alma são compostos por tubo metálico com as pontas achatadas para fixação aos banzos de madeira maciça ou de LVL. Este tipo de asnas pode alcançar vãos de 20 m.

Stressed skin panels ou Structural insulated panels (SIP)

Painéis para pavimento, cobertura ou parede, em que o forro é fixado mecanicamente e colado aos prumos ou vigotas. A ligação entre os painéis e os elementos de apoio confere ao sistema um funcionamento de viga em I. Correntemente, estes painéis têm utilização em forro de cobertura, tendo as vigotas sido substituídas por isolamento térmico rígido.

Vigas I

As vigas I são compostas por uma alma de contraplacado ou OSB e banzos de madeira maciça ou LVL. Este tipo de aplicação permite um aumento do momento de inércia do elemento comparativamente a um elemento maciço. Este elemento é hoje utilizado em substituição das vigotas de pavimento.



Fig. 5-31 Engineered wood products (ilevel.com; Standard Structures, inc)

6 Ligações entre elementos e ligadores

6.1 Samblagens

A samblagem é talvez a forma mais antiga de unir elementos de madeira. Mesmo o apoio de um elemento horizontal numa forquilha pode ser considerado como uma forma primordial de encaixe. Conforme referido, o desenvolvimento das samblagens teve uma importância de relevo na construção de madeira. O desenvolvimento de novas samblagens foi influenciado pela necessidade de criar estruturas mais longas, mais complexas e com madeiramentos menores. Um maior número de peças mais pequenas a serem juntas criou novas formas de união.

Com o aligeiramento dos elementos de construção e a progressiva disponibilidade dos pregos, as samblagens foram dando lugar às ligações metálicas. Hoje, em estruturas *light framing*, não são utilizadas samblagens, não só pela mão-de-obra requerida como também pelas dimensões dos elementos construtivos, que não permitem grandes reduções de secção. Ocasionalmente, podemos observar um pequeno recorte na entrega de uma viga para acerto de cotas, mas esse gesto não pode ser considerado como uma samblagem. O recurso a samblagens para a união de elementos de madeira encontra-se hoje, predominantemente, na área de reabilitação.

6.2 Colagem

Historicamente, a aplicação de cola como elemento de união de madeira é longa. Existem inúmeras aplicações ao longo da história, tais como o fabrico de arcos, de instrumentos musicais, de mobiliário, etc. Curiosamente, a sua aplicação com um carácter mais construtivo surge no séc. XX, na indústria aeronáutica, durante a Primeira Guerra Mundial. Os aviões da época, numa tentativa de redução de peso, recorriam a estruturas de madeira com samblagens coladas. Mais tarde, com novos processos de industrialização no fabrico de componentes de derivados de madeira para a construção e outros acabamentos, a cola tornou-se indispensável, como no caso do fabrico de contraplacado.

Recentemente, a cola tem vindo a ganhar importância no fabrico de vários componentes derivados de madeira pois, de uma forma ou outra, o fabrico destes elementos passa por um processo de moagem e re-agregação de fibras ou partículas de madeira ou outros materiais. Consoante a peça ou painel, as fibras ou as partículas são de maior ou menor dimensão, orientadas ou não, e a cola usada reflecte uma utilização exterior ou interior. No entanto, se bem que seja possível a colagem de juntas de elementos construtivos *in situ*, como por exemplo entre um pilar e uma viga, na realidade esta não é normalmente praticada. O processo de colagem está associado a um processo de controlo da qualidade inerente ao processo fabril e dificilmente se reproduziria, de forma rentável, em obra. É curioso de notar que, tanto na Europa, no Eurocódigo 5, como nos Estados Unidos da América, no *International Building Code*, a colagem em obra não é tratada.

A crescente consciência ambiental tem tido implicações nos materiais utilizados para fabrico das colas. O estudo da qualidade do ar interior tem ganho cada vez mais relevo e alguns dos factores de influência são os voláteis orgânicos, entre os quais se encontra o formaldeído (Pinheiro, 2001). Até recentemente, as colas mais resistentes utilizadas na produção de derivados da madeira eram de ureia-formaldeído, resorcina-formaldeído, resorcina-fenol-formaldeído. Desde os anos 80 que, progressivamente, se tem vindo a restringir a utilização deste composto em aplicações interiores, onde o formaldeído continua a libertar-se durante longos períodos. Uma das primeiras utilizações deste composto a ser restringida nos Estados Unidos da América foi a da utilização na espuma de isolamento térmico e data dos anos 80 (Hinds, 1982).

6.3 Buchas, pregos, parafusos e parafusos de porca

A bucha de madeira surge com o aparecimento da broca e foi um elemento de ligação relevante até ao séc. XVIII. A sua aplicação era frequente em samblagens de furo e respiga, onde duas peças perpendiculares ou oblíquas eram fixadas através da bucha colocada no furo. Com a gradual mas lenta introdução do ferro nas formas de chapa, de cavilhas e de pregos, este tipo de ligação foi progressivamente deixando de ser utilizado. Inerente à aplicação do sistema de buchas, furos e samblagens está o facto de estas técnicas requererem mão-de-obra intensa. Como se verá, seguidamente, alguns sistemas de construção em madeira correntes, vocacionados para a habitação, reutilizam a bucha como elemento de união, mas agora num enquadramento fabril de pre-fabricação.

A utilização de pregos em carpintaria crê-se ter milhares de anos. Até à industrialização do fabrico, cada prego era feito manualmente por um serralheiro, fazendo com que o seu custo fosse alto. Nos Estados Unidos da América, antes de 1850, os pregos eram tão caros e raros que era frequente pegarem fogo a edifícios delapidados para poder retirar os pregos das cinzas, pois a remoção manual danificá-los-ia. Após a recolha, qualquer serralheiro endireitava um prego que tivesse ficado torto durante a sua aplicação (Association, 2008).

A produção industrial de pregos surge no final do séc. XIX, resultante do rápido desenvolvimento do processo *Bessemer*¹ e da subsequente capacidade de extrusão e fabrico de arame de aço macio. Em 1913, nos Estados Unidos da América, 90% dos pregos produzidos eram de aço macio (Visser, 1996). Este processo de produção industrializada tornou o prego mais acessível, tanto na sua disponibilidade como em custo.



Fig. 6-1 Reactor *Bessemer*, Kelham Island Museum, Sheffield, Inglaterra (Kelham Island Museum).

¹ Em 1847, *Henry Bessemer*, em Inglaterra e *William Kelly* nos Estados Unidos, de forma independente, aperceberam-se que a 1260 °C (temperatura do ferro fundido), silício, manganés e carbono arderiam com o oxigénio de um jacto de ar. O calor libertado não só manteria a temperatura do metal fundido como subiria a sua temperatura por 150 a 260°C. Após a resolução dos processos de patentes e respectivos conflitos os dois grupos uniram-se em 1866, passando a usar-se somente o nome *Bessemer*. Este processo possibilitou a produção em grande escala de aço a partir de gusa.

A disponibilidade e o baixo custo dos pregos aumentaram o seu uso na construção de madeira, o que poderá, eventualmente, ter ajudado a mover a construção na direcção da construção em *light framing*. As ligações com pregos são, comparativamente a outras ligações, bastante rápidas de executar. No entanto, adequam-se a uma construção com madeira de menor dimensão. Na construção em madeira para habitação nos Estados Unidos da América, em particular, tem sido essa a tendência no último século.

Na construção actual em *light framing*, os pregos têm um papel fulcral na maioria das ligações: entre montantes e travessas e também na fixação de conectores metálicos, por exemplo. A sua utilização deve-se ao baixo preço e velocidade de montagem. O seu papel é bastante relevante na fixação de todo o forro estrutural sendo a sua fixação feita exclusivamente por pregagem. Na fixação de elementos repetitivos, como no caso da ligação de vigotas a um frechal ou a uma travessa dupla de tecto, é comum a utilização de pregos, uma vez que a magnitude das cargas é reduzida. No caso da madeira tratada, a utilização de pregos e outros elementos metálicos, hoje, requer um maior cuidado quanto à sua selecção, devido ao potencial acrescido de corrosão causado pelo próprio tratamento.

Em *light framing*, a utilização de parafusos é muito reduzida. Implícito ao sistema está a velocidade de construção. Pelo facto de este sistema construtivo implicar um grande número de peças pequenas como prumos, montantes, vigotas e travessas, o número de ligações a fazer é também maior. No entanto, um maior número de elementos implica igualmente que os esforços são mais distribuídos, fazendo com que cada ligação esteja sujeita a cargas menores. Deste ponto de vista, os pregos apresentam-se como solução adequada e de maior rapidez de execução. A utilização de parafuso requer, acima de certos diâmetros, a pré furação da madeira antes da sua aplicação, o que ainda torna o processo mais lento.

Nas ligações entre elementos de maior dimensão, como no caso de uma ligação entre um pilar e uma viga lamelada, é frequente a utilização de porca e parafuso para fazer a ligação ao conector metálico. A aplicação do parafuso e porca é feita através de furo sobredimensionado, previamente executado, nos elementos de madeira. O sobredimensionamento do furo pretende dar resposta a possíveis variações dimensionais causadas por flutuações de humidade. De certa forma, este tipo de ligação

substitui a ligação mais tradicional de samblagem e bucha de madeira. E pode-se afirmar que, com a progressiva disponibilidade do aço, as samblagens foram sendo substituídas por ligações deste tipo em elementos de maior dimensão.

6.4 Ligadores metálicos

Uma das características construtivas do sistema *light framing* é a não utilização de samblagens. Os únicos pormenores construtivos que lembram um entalhe são a ligação das travessas duplas, de tecto na qual a sobreposição é feita a meio comprimento e a sua respectiva ligação nos cunhais, onde uma régua se sobrepõe perpendicularmente à outra. Com excepção destas situações, as ligações entre elementos são feitas somente com a utilização de pregos, como nas ligações entre prumos e travessas de pavimento, ou com conectores metálicos nas ligações dos elementos horizontais.

Os ligadores metálicos são, maioritariamente, feitos de chapa de aço quinada e galvanizada e, em certos casos, feitos de inox. Em ligações maiores, a peça é feita de chapa mais espessa e envolve soldadura entre os vários elementos que a constituem.

As peças fabricadas dão resposta a um universo de ligações possíveis, tanto em forma como dimensão. A adopção dos conectores metálicos é generalizada em virtude de assegurar ligações mais resistentes do que aquelas executadas só com pregos e reduzir o tempo de montagem da estrutura.

Os ligadores normalizados existentes no mercado para a construção *light framing* são exteriores ao elemento que ligam, assumindo formas em U ou em sela para encaixe da madeira. Esta configuração implica que os conectores possam ficar visíveis caso o vigamento não receba um forro de tecto. Por vezes, em vigamentos de maior dimensão, encontram-se soluções nas quais os conectores são interiores às peças de madeira, geralmente na forma de uma chapa e um *gusset*. Este outro tipo de conector apresenta a vantagem de ficar embutido no madeiramento e, para além de não ficar visível, é razoavelmente fácil fazer com que a ligação obtenha uma boa resistência ao fogo pelo facto de o aço não estar exposto. A sua utilização é mais comum na Europa, onde é especificado e projectado para cada condição, não sendo assim normalizado. A desvantagem deste conector, por outro lado, remete para o trabalho acrescido de emalhetar a madeira para que esta possa receber o conector e nas ligações de carácter simples e repetitivo, como as encontradas em *light framing*, não se apresenta rentável. Os conectores em U apresentam uma grande facilidade de montagem pelo facto

de a madeira não ter de ser trabalhada para receber a peça, e apoiam a vigota mesmo antes da pregagem completa. Nas situações onde conectores metálicos em U estão incorporados num sistema que tem que ter uma classificação de resistência ao fogo, esta classificação é alcançada apenas pelos materiais de revestimento, pois o conector fica-lhes interior. Não sendo necessária uma classificação de resistência ao fogo, os conectores podem ficar expostos. A fixação dos conectores metálicos à madeira é feita com pregos ou com parafuso de porca, no caso de elementos maiores.

7 Durabilidade e protecção da madeira

Toda a madeira em utilizações sujeitas a ataques por fungos, insectos xilófagos e organismos marinhos deve ser naturalmente resistente ou tratada. O tratamento deverá ser feito com um produto de eficácia reconhecida para aplicação na classe de risco em causa.

O tratamento da madeira pode ser feito com a madeira verde ou seca. No entanto, como o tratamento da madeira verde não tem expressão, será só abordado o tratamento a seco. A aplicação de produtos preservadores da madeira pode ser feita de várias formas, entre elas, autoclave, imersão, pincelagem ou aspersão.

O tratamento em autoclave, com diferentes processos, pode resultar em célula cheia ou vazia. Ambos os processos recorrem a pressurização para impregnar a madeira com o produto preservador. O primeiro passo no processo de tratamento corresponde à secagem da madeira em estufa ou ao ar. No processo de câmara cheia, a madeira é inicialmente submetida a vácuo para retirar o ar existente nas células. Após esta fase, a autoclave é cheia com a solução do produto preservador e a madeira é submetida à pressão de tratamento. O aumento de pressão faz com que o preservador seja impregnado na madeira. O processo de célula vazia não utiliza o passo inicial de vácuo, fazendo a impregnação exclusivamente por aumento da pressão.

O tratamento por imersão pode ser a frio, a quente ou a quente e frio. No processo de tratamento a frio, a madeira é imersa numa solução concentrada para que a impregnação se faça por capilaridade. A imersão a quente tenta melhorar o processo por diminuição da tensão superficial e da viscosidade das soluções do produto preservador. No tratamento a quente e frio cria-se um vácuo parcial no primeiro passo de imersão a quente uma vez que o ar presente nas células expande. No passo seguinte, a imersão a frio, dá-se uma absorção mais profunda e homogénea do soluto preservador.

Elementos lamelados, como vigas, podem ser tratados antes ou depois do processo de colagem. No entanto, quando o tratamento é feito após a colagem, este deverá ser compatível com a cola. O tratamento de elementos colados deve ter em consideração as dimensões da câmara de tratamento

no caso de autoclave. Quando a madeira é tratada antes da colagem, podem ocorrer algumas alterações dimensionais, tornando-se necessário voltar a aplainar as réguas para garantir uma base adequada para receber a cola.

Recentemente têm surgido compostos novos que, quando expostos a humidade, provocam a aceleração do processo de corrosão de elementos metálicos na madeira. Este fenómeno encontra-se ainda em estudo, sendo de notar que várias instituições ligadas à indústria da madeira alertam para este facto e recomendam cuidados acrescidos no tipo de metais e respectivos tratamentos anticorrosivos. (Dacquist, 2004a)

Fumigação

A fumigação não é frequente em Portugal, sendo no entanto uma prática corrente nos Estados Unidos. Os fumigantes são preservantes químicos que se volatilizam, transformando-se em gases tóxicos que migram até à madeira matando insectos xilófagos, sendo no entanto ineficazes contra térmitas. Os fumigantes surgem em forma sólida e líquida, e têm sido utilizados com sucesso como parte de um programa de manutenção e protecção de madeira. A sua utilização não deve ser feita em locais onde não exista ventilação, para evitar a acumulação dos gases. Como os fumigantes se dissipam rapidamente, não há acção residual e assim a madeira não fica protegida de ataques futuros. Em elementos como pontes pedonais é usual a fumigação com intervalos de 5 a 10 anos. A aplicação de fumigantes é ideal nas condições onde a madeira é tratada, protegida e mantida seca. (AITC, 2005a)

Europa: classes de risco de aplicação

Os elementos estruturais devem estar protegidos de acordo com a classe de risco de aplicação, sendo cinco as classes de risco definidas na EN 335-2:2006:

Classe de risco 1: elementos cobertos e protegidos da intempérie e não expostos a humidade. A madeira nestas condições tem um teor de água inferior a 20%. Sem risco de ataque de fungos,

podendo ser atacada por coleópteros (carunchos). Um exemplo de utilização será o interior de um edifício fechado e climatizado.

Classe de risco 2: elementos cobertos e protegidos da intempérie mas com hipóteses de ocasionalmente o teor de água do elemento ou parte ser superior a 20%. Risco de ataque de fungos cromogéneos¹ ou xilófagos. Risco de ataque por insectos idêntico ao da classe 1 e ainda térmitas subterrâneas. Um exemplo de utilização será a de uma estrutura de cobertura corrente.

Classe de risco 3: elementos que se encontram a descoberto, sem contacto com o solo, expostos a humidade e com um teor de água superior a 20%. A classe de risco 3 subdivide-se em 3.1 quando expostos ocasionalmente a humidade e 3.2 quando frequentemente. Maior probabilidade de ataque pelos mesmos organismos da classe 2. Um exemplo de utilização é o *deck* de uma ponte pedonal.

Classe de risco 4: elementos que estejam em contacto com o solo ou água doce e assim expostos permanentemente a um teor de água superior a 20%. Para além dos organismos referidos nas situações anteriores, maior risco de ataque por térmitas e fungos. Um exemplo de utilização será o de pilares ou estacas em contacto directo com o solo.

Classe de risco 5: elementos em contacto permanente com água salgada; o teor de água é sempre superior a 20%. Para além dos casos anteriores, deverá ter-se em conta, o risco de ataque por xilófagos marinhos. Um exemplo de utilização será o de estacas em ancoradouros.

¹ Fungos cromogéneos – desenvolvem-se em madeira com teor em água superior a 25-30%, provocando colorações em tons de azul e outras. Não originam degradação significativa de resistência da madeira, visto alimentarem-se apenas de substâncias de reserva contidas no interior das células lenhosas.

Classes de Risco	Situações gerais de serviço	Teor de água na madeira (%)	Risco de ataque por agentes xilófagos			
			Fungos	Carunchos	Térmitas subterrâneas	Xilófagos marinhos
1	Sem contacto com o solo, sob coberto (seco). Ex.: divisórias, lambris, pavimentos, aros de vãos	≤ 20	Nulo	Médio	nulo	Nulo
2	Sem contacto com o solo, sob coberto (risco de humedificação). Ex.: estruturas de cobertura, estruturas de pisos intermédios	Ocasionalmente > 20	Médio	Médio	Baixo	Nulo
3	Sem contacto com o solo, não coberto. Ex.: caixilharias de janelas e de portas, portadas, persianas, pavimentos exteriores	Frequentemente > 20	Elevado	Baixo	Médio	Nulo
4	Em contacto com o solo ou água doce. Ex.: estacas de fundação, pontes, postes	Permanentemente > 20	Elevado	Baixo	Elevado	Nulo
5	Na água salgada. Ex.: obras de hidráulica, pontões	Permanentemente > 20	Médio	Baixo	Baixo	Elevado

Fig. 7-1 Classes de risco; EN 335-2:2006

A durabilidade dos tratamentos preservadores da madeira está estabelecida na EN 599, sendo a primeira parte referente à especificação dos produtos face à classe de risco e a parte 2 referente a classificação e rotulagem dos preservadores.

Os métodos de tratamento da madeira podem ser de três tipos, com as respectivas classificações de P1 a P9, de acordo com a EN 351-1.

Protecção superficial: a protecção tem uma penetração na madeira entre 1 e 3 mm; corresponde à classe de penetração P₂. Os produtos utilizados são hidrossolúveis, hidrodispersáveis ou com solventes orgânicos

Protecção média: a penetração é superior a 3 mm e o tratamento é inferior a 75% do volume impregnável; corresponde às classes de penetração P₃ a P₇. Os produtos utilizados são sais hidrossolúveis, ou em solventes orgânicos e orgânicos naturais.

Protecção profunda: a penetração média alcançada é superior a 75% do volume impregnável; corresponde às classes de impregnação P₈ e P₉. Os produtos utilizados são sais hidrossolúveis, ou em solventes orgânicos e orgânicos naturais.

A relação entre a classe de risco e classe de penetração pode ser a ilustrada na tabela:

Classe de risco	Tipo de penetração
1	Nenhuma
2	Superficial
3	Média
4 e 5	Profunda

Fig. 7-2 Relação entre Classe de Risco e Classe de Penetração baseado na (EN 460:1995) e (Cruz, et al., 2009) .

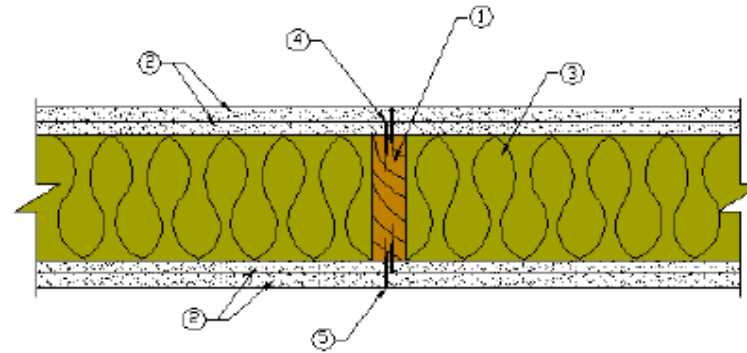
8 Resistência da construção ao fogo

O Eurocódigo 5, Part 1-2, incide sobre o projecto de estruturas expostas acidentalmente ao fogo relativamente à resistência das estruturas e à propagação de chamas. O Eurocódigo reconhece o funcionamento de pirólise da madeira e da sua lenta combustão. Assim, o regulamento apresenta os instrumentos de análise que permitem o cálculo da camada de carvão de um elemento obtida durante o fogo. A partir deste decréscimo de secção é possível estabelecer a redução da resistência do elemento

O Eurocódigo 5, Part 1-2, está conceptualmente dividido em duas partes: uma dedicada à análise de elementos estruturais lineares como pilares e vigas e a outra dedicada a elementos laminares como paredes e pavimentos (secção 5). Os Anexos C, D e E fornecem os instrumentos de cálculo para estes casos. O Anexo C estabelece as bases de cálculo para determinação do índice de carbonização de paredes de prumos e pavimentos de vigotas com as caixas-de-ar completamente preenchidas com isolamento térmico. O Anexo D refere-se aos casos em que as caixas-de-ar não estão preenchidas com isolamento. O Anexo E permite o cálculo da parede ou pavimento como um sistema.

A construção *light framing* nos EUA, na maioria dos casos de habitação, não tem que ter exigências relativamente a resistência ao fogo, devido ao afastamento entre edifícios e densidade da construção. A necessidade de construção com uma classificação de resistência ao fogo de uma hora surge nos casos onde o afastamento à extrema é reduzido (menor que 1,5 m) ou a construção faz parte de um edifício multifamiliar. Nestes casos, é comum recorrer-se a sistemas homologados, como por exemplo os referidos pelos *Underwriter Laboratories* ou pelo *American Wood Council*. Num cenário regulamentar prescritivo para construção de pequeno porte, a apresentação de uma compilação de soluções previamente testadas torna-se numa forma expediente de obter uma solução.

WS6-2.1 Two-Hour Fire-Resistive Wood Wall Assembly
2x6 Wood Stud Wall - 100% Design Load - ASTM E 119 / NFPA 251



1. Framing - Nominal 2x6 wood studs, spaced 24 in. o.c., double top plates, single bottom plate.
2. Sheathing:
 - Base Layer - 5/8 in. Type X gypsum wallboard, 4 ft. wide, applied horizontally, unblocked.
 - Face Layer - 5/8 in. Type X gypsum wallboard, 4 ft. wide, applied horizontally, unblocked.

Horizontal application of wallboard represents the direction of least fire resistance as opposed to vertical application.
3. Insulation - 5-1/2 in. thick mineral wool insulation (2.5 pcf, nominal)
4. Gypsum Fasteners: Base Layer - 2-1/4 in. Type S drywall screws, spaced 24 in. o.c.
5. Gypsum Fasteners: Face Layer - 2-1/4 in. Type S drywall screws, spaced 8 in. o.c.
6. Joints and Fastener Heads - Wallboard joints covered with paper tape and joint compound, fastener heads covered with joint compound

Tests conducted at the Fire Test Laboratory of National Gypsum Research Center
 Test No: WP-1262 (Fire Endurance) November 3, 2000
 WP-1268 (Hose Stream) December 8, 2000

Third Party Witness: Intertek Testing Services
 Report J20-006170.3

Fig. 8-1 Exemplo de sistema homologado para parede interior com uma classificação de resistência ao fogo de 2 horas, (Underwriters Laboratory).

De acordo com a legislação nacional em vigor, Decreto-lei 220/2008 – Regime Jurídico da Segurança Contra incêndios em edifícios (SCIE), de 12 de Novembro e a Portaria 1532/2008 - Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios, de 29 de Dezembro, não existem exigências relativas à resistência ao fogo dos elementos estruturais, para o caso de utilizações destinadas a habitação unifamiliar (do tipo I e de 1ª categoria de acordo com a referida legislação).

9 Insonorização da construção

A insonorização da construção torna-se mais importante em casos urbanos e em edifícios multifamiliares. Na cidade, o ruído é uma constante devido à intensa actividade humana, e nos edifícios multifamiliares o ruído pode-se propagar de fracção para fracção. Considerando que a construção *light framing* se adequa a uma utilização em áreas de menor densidade urbana, a necessidade de insonorização do exterior será reduzida. Por conseguinte, as questões de insonorização entre divisões do mesmo fogo são de menor importância.

De uma forma geral, os sistemas construtivos leves de madeira têm um reduzido desempenho acústico, sobretudo aos sons de transmissão aérea, em grande parte devido à baixa densidade da madeira e à leveza do sistema. Para se alcançarem soluções mais insonorizadas, a madeira é associada a isolamentos em manta, a massa na forma de gesso cartonado e a elementos elásticos.

Como o Eurocódigo foca as questões de segurança estrutural e de utilização (de um ponto de vista mecânico), as questões de transmissão do som em estruturas ou outros sistemas da envolvente construtiva não são abordados. A insonorização das construções está regulamentada pelo Decreto-Lei 129/2002 – Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios, de 11 de Maio, com a redacção dada pelo Decreto-Lei 96/2008, de 9 de Junho. Este regulamento estabelece os índices de isolamento sonoro para sons de condução aérea necessários em espaços com diferentes ocupações entre fogos, assim como com o exterior do edifício. São também definidos os índices de isolamento sonoro a sons de precursão entre espaços com diferentes ocupações entre fogos. No caso de um edifício unifamiliar, o único critério aplicável é o índice de isolamento sonoro a sons de precursão com o exterior. A maioria dos casos de construção de paredes e coberturas no sistema *light framing* facilmente alcança o índice pedido de 33 db.

A legislação nos EUA, visto incorporar num único regulamento várias temáticas para além da estrutura, incorpora também valores mínimos de separação acústica entre fogos. Os índices de isolamento sonoro nos Estado Unidos, tais como na Europa, são valores representativos da eficiência global do sistema à gama de frequências a que dá resposta. No caso de transmissão pelo ar, a

classificação é numérica e expressa em STC (*Standard Transmission Class*), sendo melhor o isolamento quanto maior o valor. No caso da transmissão por precursão, a eficiência do sistema de pavimento é expressa em IIC (*Impact Insulation Class*). Em habitação, os elementos que separam fogos ou que servem de barreira com o exterior devem ter um valor mínimo de 50 STC, no caso de paredes ou 50IIC ,no caso de pavimentos. A prática corrente é a utilização de elementos de paredes e pavimentos já previamente testados e homologados, para que não sejam necessários ensaios no local. Numa situação regulamentar prescritiva aplicável a construção de pequeno porte, este tipo de solução poderá tornar o desenvolvimento de projecto mais expedito.

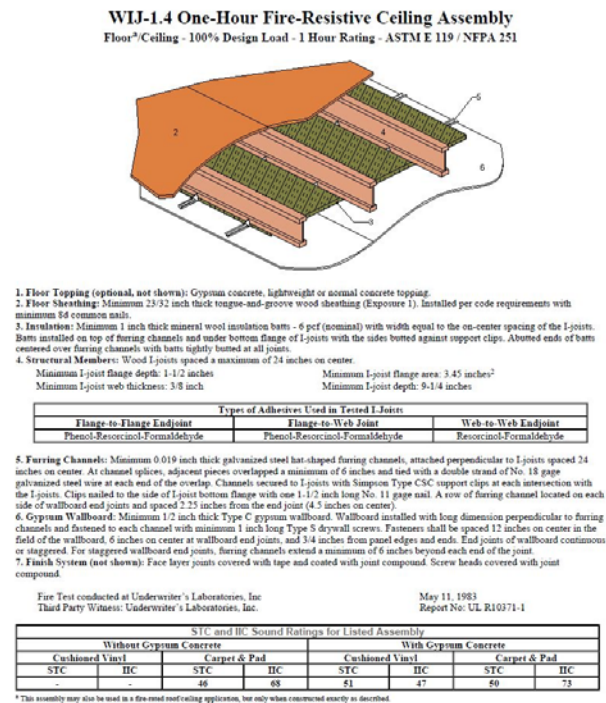


Fig. 9-1 Exemplo de sistema homologado de pavimento / tecto com uma classificação de resistência ao fogo de uma hora e índices de isolamento sonoro STC e IIC , (*Underwrites Laboratory*).

10 Enquadramento e Considerações Regulamentares

10.1 Regulamentação: Europa e o Eurocódigo 5

A ideia de criar um conjunto de regulamentos estruturais comuns na Europa remonta aos anos 70. Nesta altura, a Comunidade Económica Europeia emitiu uma directiva que declarava que a existência de regulamentos e normas nacionais diferentes representavam uma barreira à livre troca de bens e serviços. Foi decidido, então, elaborar por consenso um conjunto de regulamentos e respectivos *standards* de referência e apoio relativos aos principais materiais de construção. Este processo levou aproximadamente 30 anos.

Os Eurocódigos visam alcançar três objectivos comunitários: eliminar barreiras ao movimento de bens e serviços dentro da comunidade através de regras comuns de cálculo e de *design* (do ponto de vista de estabilidade), poder servir como base de referência para contractos na Europa e outras áreas, e aumentar a competitividade da indústria de construção Europeia através do recurso a conceitos de cálculo e projecto de estabilidade avançados.

Estes objectivos foram alcançados através da colaboração de vários comités constituídos por representantes das entidades regulamentares de vários países Europeus, não sendo estes na totalidade membros da CE. Um exemplo da utilização de conceitos avançados é a utilização de pinos/buchas metálicas para a fixação da entrega de uma viga lamelada a um ligador de chapa de aço, resultante do possível método de cálculo para ligações com acções laterais.

Os Eurocódigos publicados, ou em publicação, são:

- EN 1990 Eurocode - Basis of structural design
- EN 1991 Eurocode 1 - Actions on structures
- EN 1992 Eurocode 2 - Design of concrete structures
- EN 1993 Eurocode 3 - Design of steel structures

- EN 1994 Eurocode 4 - Design of composite steel & concrete structures
- EN 1995 Eurocode 5 - Design of timber structures
- EN 1996 Eurocode 6 - Design of masonry structures
- EN 1997 Eurocode 7 – Geotechnic design
- EN 1998 Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance
- EN 1999 Eurocode 9 - Design of aluminium structures

A EN 1990, que se designa correntemente por Eurocódigo 0, estabelece a base de projecto para todos os materiais estruturais principais, indicando os requisitos para segurança estrutural, utilização, durabilidade e robustez. Neste regulamento, os factores de segurança e os respectivos níveis de probabilidade de ocorrência estão claramente indicados de forma a proporcionar a sua redução ou aumento, face a circunstâncias particulares ou especiais. Uma das particularidades dos Eurocódigos é que, não só todos os países membros utilizarão o mesmo regulamento, como também todos os materiais terão a mesma base de projecto de estabilidade. Anteriormente, alguns materiais eram calculados recorrendo a estados de limite plástico (estado limite último) enquanto que outros usavam limites elásticos (estado limite de utilização). Da mesma forma, os factores de carga e combinações de acções estão agora uniformizados para todos os estados membros.

O Eurocódigo 1 corresponde a acções em estruturas. O termo acções surge para ser mais global e incorporar qualquer efeito que cause deformações, como o caso de assentamentos diferenciais ou os efeitos dinâmicos de um sismo. Este Eurocódigo é composto por várias partes, sendo a primeira referente a regras comuns e regras para edifícios, incluindo uma listagem de pesos próprios de materiais. A segunda parte incide sobre resistência ao fogo de elementos estruturais e terceira parte sobre cargas acidentais como sismo, vento e neve.

O Eurocódigo 5, *Timber Design*, é composto por três partes. A primeira parte corresponde ao próprio regulamento. A segunda parte incide sobre a resistência ao fogo dos elementos de madeira e terceira parte corresponde a um novo regulamento sobre pontes de madeira.

A primeira parte encontra-se subdividida em 10 secções, onde é assumido o conhecimento do Eurocódigo (EN 1990). A primeira secção incide principalmente sobre definições. A segunda secção suplementa a EN1990 com elementos específicos à madeira tais como classes de serviço, tempo de aplicação de sobrecargas, fluência¹ e deslocamento² e alguns valores de segurança para elementos construtivos de madeira. A terceira secção é sobre propriedades dos materiais, sendo estas remetidas para *standards* harmonizados; são, no entanto, fornecidas tabelas para os efeitos de classe de serviço, tempo de duração das sobrecargas e fluência. A consideração directa do efeito de fluência no cálculo é um aspecto inovador, sendo anteriormente comum a redução do módulo de elasticidade para compensação. A secção quarta é uma página sobre durabilidade e inclui uma tabela sobre especificações de protecção à corrosão de ligadores metálicos. A secção quinta, também breve, incide principalmente sobre a análise de pórticos e arcos. A secção sexta trata o projecto de pilares, de vigas planas e de vigas com outras configurações. A secção sétima incide sobre o cálculo inicial e final de deslocamento de ligações mecânicas. Esta secção inclui também a verificação de vibração em pavimentos residenciais.

A secção oitava, sobre ligações e conexões, é a mais longa do regulamento, resultado da importância deste tema na construção em madeira. A secção nona estabelece parâmetros para o cálculo de vigotas, de *stressed skin panels*, e de contraventamento. Esta secção contém igualmente duas formas simplificadas de cálculo para paredes resistentes com funcionamento em diafragma (*shear walls*). A secção décima, breve, incide sobre questões de execução, incluindo uma abordagem na execução de ligações.

¹ Deformação plástica da madeira resultante das suas características visco-elásticas quando sujeita a uma sobrecarga com um tempo de aplicação muito longo. Os pavimentos abaulados encontrados em estruturas pombalinas são uma manifestação deste tipo de comportamento da madeira, (*creep* em inglês)

² Corresponde ao efeito de translação ou rotação entre elementos que ocorre numa ligação semi-rígida antes de esta entrar totalmente em carga (*slip* em inglês)

Cada Eurocódigo deverá incorporar um anexo que permitirá a adequação nacional de certos parâmetros do regulamento, face a particularidades geográficas e de utilização, assim como questões de execução.

O anexo na versão inglesa, já publicada, inclui, por exemplo, a indicação de cargas referentes a classes de duração, indicação de tipos construtivos em função de classes de serviço, factores parciais para propriedades de materiais, valores limites para deflexões, valores limites para vibrações, método de projecto para vibrações em pavimentos residenciais, recomendações para pregagem em ligações madeira-madeira, método alternativo para projecto de *shear walls*, factores de modificação para contraventamento de vigas e asnas, tolerâncias de montagem.

Com o Eurocódigo 5, as estruturas de madeira serão calculadas de forma similar aos outros materiais estruturais, exceptuando pequenas particularidades inerentes à madeira, como a fluência. Assim, a madeira, o betão, o aço e a alvenaria estrutural terão a mesma base e formato de cálculo. A madeira ganha com este processo, pois permite que engenheiros com menor experiência em construção de madeira mais facilmente a considerem como solução. Esta base comum de cálculo permite igualmente uma comparação directa entre sistemas de diferentes materiais.

Os valores característicos dos materiais utilizados no Eurocódigo 5, estabelecidos noutras normas como a EN 338 e EN 1194, correspondem ao quantilho inferior de 5% da distribuição estatística dos resultados de ensaios mecânicos elaborados após condicionamento dos materiais a 20°C e 65% de humidade relativa. Assim, espera-se que esse valor seja ultrapassado em 95% da população. Como os ensaios mecânicos resultam da aplicação de uma força durante 5 minutos e o comportamento da madeira é influenciado pelo tempo de aplicação das acções, deverá ser aplicado um factor de redução.

As classes de duração das cargas, no Eurocódigo, distinguem entre cargas permanentes com uma duração de mais de 10 anos, como no caso do peso próprio, cargas de longa duração com uma duração até 10 anos, como no caso de sobrecargas de utilização referentes a mobiliário, por exemplo, cargas de média duração com duração entre 1 semana e 6 meses, como no caso de

sobrecargas de utilização, cargas de curta duração com uma duração inferior a uma semana, como no caso de neve e vento, e cargas instantâneas com uma duração instantânea, como no caso de cargas sísmicas e outras cargas acidentais.

As classes de serviço para os componentes de estruturas de madeira são três: a classe 1 corresponde àquelas condições onde, a temperatura ambiente, a madeira tenha um teor de água de equilíbrio e a humidade relativa não exceda 65% mais do que umas semanas por ano. A classe 2 corresponde àquelas condições onde, a temperatura ambiente, a madeira tenha um teor de água de equilíbrio e a humidade relativa não exceda 85% mais do que umas semanas por ano. A classe 3 é caracterizada por condições climáticas que levem a teores água na madeira de valor mais alto do que na classe 2. Podemos, de uma forma simples, considerar que a classe 1 corresponde a um ambiente interior climatizado, a classe 2 a um ambiente interior não climatizado e a classe 3 a um ambiente exterior. As classes de serviço reflectem assim as alterações de resistência mecânica em função do teor de água da madeira.

No Eurocódigo 5 um factor único, modificador de resistência K_{mod} , incide sobre classe de serviço e tempo duração das acções, sendo diferente em função dos materiais, como no exemplo a seguir, retirado da tabela 3.1, para madeira maciça e lamelados colados:

Valores de K _{mod}							
Material	Norma	Classe de serviço	Classe de duração das acções				
			Acção permanente	Acção de longa duração	Acção de média duração	Acção de curta duração	Acção instantanea
Madeira Maciça	EN 14081-1	1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
		2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
		3	0,5	0,55	0,65	0,7	0,9
Madeira lamelada colada	EN 14080	1	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
		2	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
		3	0,5	0,55	0,65	0,7	0,9

Fig. 10-1 Tabela 3.1 da EN 1995-1-1:2004 (parcial).

No Eurocódigo 5, o cálculo de deformações tem que tomar em consideração a fluência ou a deformação adicional causada pela duração da carga ou combinações. Desta forma, primeiro é calculada a deformação instantânea, seguida da deformação diferida causada pela duração da carga e, finalmente, as duas são ponderadas. A fluência resulta no aumento da deformação final, assim como majora o efeito de deslocamento em ligações devido à alteração da geometria da peça. A consideração deste efeito na deformação não tem uma implicação directa no aumento de secções. Em casos onde os acabamentos o permitam, o acréscimo de deformação pode não ser um factor decisivo.

Os Eurocódigos estabelecem que o cálculo da estrutura seja realizado para os estados limites últimos (*ultimate limit state* – ULS), ou seja, quando algo entra em ruptura ou em instabilidade a ponto de colapso, e para os estados limites de utilização (*serviceability limit state* – SLS), onde deformação excessiva pode causar danos não estruturais, desconforto, má aparência ou perda de funcionalidade. Uma das grandes diferenças entre ambos é que, no caso do cálculo de deformação para o estado limite de utilização, não são utilizados factores de segurança, fazendo com que, para a mesma carga nominal, as deformações sejam menores.

No caso de sobrecargas, o Eurocódigo considera combinações que são modificadas por factores. Considera-se que numa combinação, algumas sobrecargas terão hipótese de estarem com um valor reduzido; será pouco provável ocorrer um sismo combinado com cargas elevadas de vento e neve. Desta forma, o número de combinações possíveis aumenta, tornando o cálculo mais moroso, particularmente em casos como no cálculo de elementos com vários nós.

Outra questão importante no Eurocódigo 5 é a distinção entre estados limite reversíveis e irreversíveis. Os factores a utilizar numa situação reversível são mais favoráveis, uma vez que se pode considerar como sendo menos grave alcançar um estado reversível do que um irreversível.

As deformações raramente representam uma questão de segurança e, desta forma, os valores de deformação permitidos são recomendações em vez de valores máximos. Esta abordagem parece sensata, na medida em que o critério de escolha do que será permissível pode variar em função da utilização do espaço. Considerando a questão de estado reversível e irreversível no cálculo de deflexões, o número de iterações aumenta.

Quanto a ligações, o Eurocódigo trata esta questão de um ponto de vista de desempenho, não existindo assim nenhuma tabela com valores permitidos. Esta abordagem permite a obtenção de valores exactos para a geometria de cada ligação, assim como a identificação do modo de ruptura de cada uma, conferindo maior liberdade ao técnico.

O formato prescritivo do Eurocódigo 5, com a sua carga analítica, não será um regulamento apelativo a alguém mais prático, sugerindo uma abordagem com recurso a folha de cálculo, ou mesmo programa de cálculo, para poder tirar partido das suas particularidades.

10.2 Regulamentação: Estados Unidos e o IBC

O princípio de um regulamento construtivo é o de servir como documento regulador com o objectivo de proteger a vida, a saúde, e o bem-estar do público e do ambiente em geral. Nos Estados Unidos, este objectivo é geralmente alcançado através da adopção de uma família de regulamentos a nível estadual ou local, com fiscalização providenciada por agências estaduais ou locais, conforme o caso de jurisdição sobre o edifício em causa. O recurso a regulamentos modelo por parte dos municípios ou condados individuais tem sido a figura comum, visto estas entidades, frequentemente, não terem os recursos necessários para a elaboração e revisão de um documento legislativo abrangente e compreensivo. Assim, os regulamentos modelo representam uma sociedade composta por municípios, condados, estados, indústrias, laboratórios, e instituições de ensino superior e de pesquisa. Desta forma, se bem que estes documentos sejam geralmente bastante abrangentes, não podem ser considerados como o resultado de um verdadeiro consenso. O *International Building Code* representa, efectivamente, uma fusão dos três grupos de regulamentos anteriormente existentes nos Estados Unidos, criando uma maior uniformidade regulamentar em todos os estados.

Na sequência de incidentes na indústria dos têxteis, no séc. XIX em *New England*, surgiu regulamentação específica que visava proteger a vida humana e propriedade. Como resultado, apareceram as saídas de emergência e os *sprinklers*. No início do séc. XX surgem as três organizações de profissionais de regulamentação de construção, que viriam a publicar e a actualizar os três regulamentos em vigor até à entrada em vigor do *International Building Code*. O *Building Officials and Code Administrators* (BOCA) foi fundado em 1915, o *International Conference of Building Officials* (ICBO) foi criado em 1922 e o *Southern Building Code Congress International* (SBCCI) em 1940.

Cada um destes grupos foi dominante na sua zona geográfica de influência: BOCA na costa Este, SBCCI no Sul e ICBO na costa Oeste dos Estados Unidos. Cada um dos regulamentos produzidos e editados por estas entidades desenvolveram-se de forma independente e manifestavam diferentes filosofias de construção e de fiscalização.

O BOCA reflectia atitudes da zona Este, assim como as necessidades de zonas bastante urbanizadas. O *National Building Code* era, primeiramente, um regulamento de base performativa e utilizava de uma forma liberal e amplas referências a standards de consenso publicados por outras entidades como a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e o *American National Standards Institute* (ANSI). O recurso a um regulamento de base performativa pretendia encorajar o uso inovador de *designs*, de materiais e de sistemas construtivos reconhecendo, no entanto, os méritos de sistemas e de materiais mais tradicionais. Tinha como princípio criar o máximo de flexibilidade em *design* e construção, assegurando no entanto um elevado grau de segurança e de protecção da vida humana. O NBC fazia parte de um conjunto de regulamentos que incluía um regulamento mecânico, redes prediais de distribuição de água e esgotos, habitação, zonamento, segurança e prevenção contra incêndio, de uma forma inter-relacionada para alcançar uma regulamentação completa.

O ICBO, representando a zona Oeste dos Estados Unidos, desenvolveu o *Uniform Building Code*, mais independente como regulamento, visto ter um carácter mais prescritivo. Neste regulamento, as normas aplicáveis estavam transcritas e a maioria dos materiais necessários à satisfação do regulamento eram descritos. O UBC era um regulamento misto, tendo requisitos prescritivos e performativos. A maior parte do articulado referente ao comportamento estrutural, por exemplo, reflectia a incidência de sismos e a necessidade de um *design* sísmico adequado. Tal como os outros, o UBC fazia parte de um conjunto completo de regulamentos que visava abranger todas as diversas especialidades envolvidas, tais como a segurança e a prevenção contra incêndio.

O SBCCI desenvolveu o *Standard Building Code*, que reflectia as necessidades regulamentares do Sul. O SBC era também principalmente um regulamento de base performativa, fazendo uso liberal a referências de *standards* de consenso publicados por outras entidades para avaliação da performance de materiais e sistemas. Tal como os outros regulamentos, o SBC fazia parte de um conjunto de regulamentos que abrangia outras especialidades. Como os estados do Sul estão sujeitos a ventos intensos com origem em tempestades tropicais e a furacões, o SBCCI desenvolveu, no seu regulamento, um clausulado extenso sobre *design* e construção resistente ao vento, incluindo um *standard* prescritivo de métodos construtivos para construção residencial de baixa densidade em zonas de grande exposição às cargas de vento.

Uma vez que estes regulamentos modelo reflectiam as características construtivas e condições ambientais prevalentes das respectivas zonas de adopção, não era de admirar que o seu formato, conteúdo e aspecto fosse diferente, mesmo considerando que muitos aspectos construtivos eram regulamentados de forma semelhante. Se bem que esta forma de regulamentar estive adequada ao país durante muitos anos, os vários intervenientes da construção começaram a identificar uma necessidade de uma uniformidade de conteúdo e formato, de forma a agilizar e melhorar as dificuldades impostas aos construtores, ao comércio de produtos de construção e mesmo aos projectistas.

No início dos anos 70, o *American Institute of Architects* considerou como um dos seus objectivos, a alteração dos regulamentos a curto e a longo prazo. O objectivo a curto prazo era de reorganizar os três modelos segundo um formato comum. Assim, requisitos similares poderiam ser procurados nos mesmos capítulos em cada um dos regulamentos. O objectivo a longo prazo, bastante mais ambicioso, era a criação de um único regulamento desenvolvido através da cooperação das três organizações. Durante o longo processo das três décadas seguintes foi eventualmente formada a organização *International Code Council*, em 1994. Durante o processo de elaboração do novo regulamento, foram criados cinco comités: estrutural, ocupação, protecção contra incêndio, caminhos de evacuação, e geral. Cada um dos comités foi incumbido de desenvolver o articulado referente à sua área de intervenção, baseado na informação já disponível nos três regulamentos existentes. Cada comité incorporava uma delegação provinda das três organizações anteriores.

Num processo típico de desenvolvimento de legislação, cada comité desenvolveu os seus objectivos de forma independente. Assim, o comité estrutural focou os seus esforços no estudo das cargas e acções acidentais mais actualizadas (vento, sismo e neve), actualização do mapeamento das zonas de vento e neve, e novas e mais recentes metodologias de cálculo. O comité de ocupação focou o seu trabalho na definição de grupos de uso baseados em limites estabelecidos a partir de critérios de altura e de área dos regulamentos anteriores. O comité de protecção contra o fogo desenvolveu o seu trabalho de forma a gerar um clausulado que reflectisse o clausulado mais restritivo dos três regulamentos anteriores. Os comités de caminhos de evacuação e geral coligiram e adaptaram o existente ao novo formato.

O trabalho desenvolvido pelo comité estrutural foi incorporado em vários capítulos, incluindo o capítulo 16, Requisitos Gerais de Projecto (*General Design Requirements*), o capítulo 17, Ensaios e Inspeções Estruturais (*Structural Tests and Inspections*), o capítulo 18, Solos e Fundações (*Soils and Foundations*) e os capítulos 19 a 23, que correspondem a materiais e sistemas de construção específicos, tais como betão, alumínio, alvenaria, aço e madeira. No processo de redacção e elaboração do regulamento, este comité extraiu e adaptou uma parte significativa do texto referente a construção convencional (*Conventional Construction*) do UBC aplicada à construção *light framing*. No entanto, o texto teve de ser reavaliado para compatibilidade com requisitos de utilização e ocupação. A reavaliação do texto implicou a compatibilização de algum clausulado de carácter performativo, visto um dos objectivos do IBC ser o de criar um regulamento essencialmente performativo.

O capítulo 23 do IBC, tal como nos regulamentos anteriores, regulamenta os materiais, o *design* (do ponto de vista de estabilidade), a construção e a qualidade dos elementos de madeira e seus conectores. Para além das partes prescritivas referentes à construção convencional deste capítulo, o clausulado é, em grande parte, de carácter performativo e inclui bastantes requisitos previamente estabelecidos nos regulamentos anteriores. Este capítulo também se baseia em dados e requisitos de projecto estrutural estabelecidos em documentação já previamente utilizada pelos anteriores regulamentos tais como: *National Design Specification (NDS) for Wood Construction*, *Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Engineered Wood Construction* e *Wood Frame Construction Manual (WFCM) for One and Two Family Dwellings*.

O comité de Ocupação teve, predominantemente, a tarefa de unificar um grupo de categorias de uso, baseadas em limites bastante díspares de altura e área estabelecidos nos anteriores regulamentos. Neste processo, foram também alteradas algumas definições das classificações dos tipos de construção, como o caso da construção do tipo III, considerada como construção tradicional com elementos não combustíveis, de forma a incluir a possibilidade de utilização de paredes portantes de madeira com tratamento ignífugo (retardador). Ao contrário do que seria de prever, a filosofia desenvolvida foi de permitir a construção de qualquer tipo construtivo previamente permitido pelos regulamentos anteriores. Assim, o resultado destas classificações veio a reflectir o

clausulado menos restritivo de cada um dos regulamentos, causando um aumento significativo, em casos pontuais, no que seria permitido pelos outros dois regulamentos. As tabelas geradas para o cálculo de área permissível são assim diferentes de qualquer outro modelo anterior, tendo sido reconhecido que valores mais restritivos eram, em grande parte, inadequados à realidade actual e que as questões referentes a segurança (vida e integridade estrutural) estavam acauteladas no clausulado de distâncias de caminhos de evacuação, número de saídas e elementos de protecção contra o fogo. No IBC surge, pela primeira vez, comparativamente aos regulamentos anteriores, o conceito de área ilimitada aplicável a edifícios de estrutura de madeira.

O desenvolvimento no novo regulamento, o IBC, é, a nível nacional nos Estado Unidos, parte de um processo contínuo que visa melhorar a protecção da vida e da saúde do público em geral, o bem-estar e o ambiente. Se bem que a nível de adopção do regulamento por parte de uma jurisdição como um estado ou município exista sempre a possibilidade de ratificação com alterações locais, o novo regulamento permite uma fiscalização consistente e uma aumentada qualidade construtiva. A uniformização de um regulamento nacional facilita a prestação de serviços por parte de arquitectos, engenheiros, empreiteiros, aumentando potencialmente a área de actividade possível de cada um. Para a indústria do fabrico, um regulamento único facilita a comercialização e a própria investigação e desenvolvimento.

10.2.1 IBC: classificação das edificações segundo a ocupação

O IBC prevê dez grupos diferentes de ocupação, cada um com subgrupos. Assim os grupos são:

Grupo A – *Assembly*: destinado a edifícios ou partes de edifícios em que a ocupação primária seja a congregação de pessoas. Neste grupo estão incluídos espaços como cinemas, tribunais e estádios. O grupo subdivide-se em 5 secções em função da utilização e do número de pessoas.

Grupo B – *Business*: Este grupo inclui escritórios, bancos e postos de correio. Todas as ocupações estão previstas numa secção única.

Grupo E – *Educational*: Este grupo tem duas secções: uma que inclui ocupações escolares até ao 12º ano e outra para creches e jardins-de-infância.

Grupo F – *Factory*: Este grupo inclui todos os edifícios destinados ao fabrico ou transformação fabril e subdivide-se em dois grupos, conforme o risco de funcionamento.

Grupo H – *High-Hazard*: Este grupo é destinado às ocupações de risco, como fábricas de pirotecnia. O grupo subdivide-se em cinco secções, em função dos produtos utilizados em cada espaço.

Grupo I – *Institutional*: Este grupo, com quatro secções, inclui centros de reabilitação, hospitais, prisões e lares de idosos. As secções distribuem as ocupações em função da dimensão do estabelecimento e do grau de liberdade dos utentes.

Grupo M – *Mercantile*: Este grupo, de secção única, inclui as ocupações de carácter comercial, como mercados e centros de retalho.

Grupo R – *Residential*: Este grupo inclui ocupações como hotéis, motéis e habitação. O grupo subdivide-se em quatro secções, tomando em conta a dimensão e tipo de utilização dos edifícios. Moradias e moradias geminadas são consideradas em R3.

Grupo S – *Storage*: Este grupo destina-se a toda a ocupação destinada a armazenagem, subdividindo-se em duas secções, consoante o risco de incêndio dos materiais armazenados.

Grupo U – *Utility and Miscellaneous*: Este grupo inclui edifícios de carácter acessório como celeiros, edifícios agrícolas e alpendres.

A classificação dos edifícios por ocupações e respectivos grupos permite criar uma tabela de compatibilidades onde se estabelece quais as ocupações que são compatíveis de coexistir no mesmo edifício, assim como estabelecer quais as classificações de separação ao fogo necessárias entre cada grupo.

Adicionalmente, a classificação das ocupações por grupos permite o estabelecimento de características específicas a serem respeitadas por cada uma.

10.2.2 IBC: compartimentação das edificações em função da sua ocupação

A tabela abaixo sumariza as compatibilidades de ocupações possíveis. Algumas ocupações são incompatíveis e as que são compatíveis têm indicada a separação ao fogo necessária. Em ocupações iguais não é necessária separação ao fogo, excepto pela indicada por requisitos de área.

Separação necessária entre ocupações (em horas)																
	A E		I		R		F-2, S-2, U		B, F-1, M, S-1		H-1		H-2		H-3, H-4, H-5	
Ocupação	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS	S	NS
A E	N	N	1	2	1	2	N	1	1	2	NP	NP	3	4	2	3
I			N	N	1	NP	1	2	1	2	NP	NP	3	NP	2	NP
R					N	N	1	2 (a)	1	2	NP	NP	3	NP	2	NP
F-2, S-2, U							N	N	1	2	NP	NP	3	4	2	3
B, F-1, M, S-1									N	N	NP	NP	2	3	1	2
H-1											N	NP	NP	NP	NP	NP
H-2													N	NP	1	NP
H-3, H-4, H-5															N	NP
Observações:																
S - Edifícios equipados com rede de sprinklers																
NS - Edifícios sem rede de sprinklers																
N - Sem separação necessária																
NP - Não permitido																
(a) - No caso de separações entre garagens residenciais e a moradia a separação pode ser de 1 hr.																

Fig. 10-2 Separação necessária entre ocupações; adaptada da tabela 508.3.3 do IBC

10.2.3 IBC: classificação das edificações segundo o sistema construtivo

São considerados cinco tipos de construção:

Tipo I e II: construções em que os sistemas construtivos são de materiais incombustíveis. O tipo I corresponde ao betão e o II ao aço.

Tipo III: construções em que as paredes exteriores são de material incombustível, sendo o interior de qualquer outro material.

Tipo IV: construções de madeiramentos de grandes dimensões (*heavy timber*) e que têm as paredes exteriores de material incombustível.

Tipo V: construções em que os elementos de estrutura e envolvente construtiva são de qualquer material permitido (como é o caso de *light framing*).

A tabela a seguir estabelece os requisitos de resistência ao fogo de vários elementos de estrutura e da envolvente para subclassificações dentro de cada tipo. Assim, podemos verificar que no tipo V, a construção pode ser de duas formas: sem resistência ao fogo ou com uma resistência de uma hora.

Requisitos de resistência ao fogo dos elementos construtivos									
Elemento construtivo	Tipo I		Tipo II		Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	A	B	A (b)	B	A (b)	B	HT (a)	A	B
Elementos de estrutura	3	2	1	0	1	0	HT	1	0
Parede portantes exteriores	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Parede portantes interiores	3	2	1	0	1	0	1 ou HT	1	0
Parede divisórias exteriores									
Parede divisórias interiores	0	0	0	0	0	0		0	0
Pavimentos (incluindo todos os elementos de suporte)	2	2	1	0	1	0	HT	1	0
Cobertura (incluindo todos os elementos de suporte)	1-1/2	1	1	0	1	0	HT	1	0
Observações:									
1. Cada tipo de construção tem duas opções a selecionar em função de outros requisitos estipulados no IBC. Por exemplo, uma moradia isolada construída em light framing poderá ser do Tipo V-B, sem requisitos de resistência ao fogo. No caso de um pequeno edifício comercial a construção poderá ser do Tipo V-A, garantindo uma resistência ao fogo de uma hora.									
a) HT. <i>Heavy Timber</i> - Construção maciça									
b) Em construção do tipo II e III, a separação de uma hora pode ser substituída por cortina de água.									

Fig. 10-3 Tabela com requisitos de resistência ao fogo dos elementos construtivos em função do tipo de construção; adaptada com base na tabela 601 do IBC. A construção *light framing* é do Tipo V-A, com uma resistência de uma hora ou do Tipo V-B, sem resistência.

10.2.4 IBC: restrições de área e cércea das edificações

A tabela a seguir apresenta as áreas, o número de pisos e a altura permitidos em função da ocupação e tipo de construção. O tipo de construção afecta a área e a altura permissíveis, como no caso de uma ocupação R3 que, sendo de construção tipo V, tem um limite de 3 pisos, mas se for de construção tipo I-A pode ter uma altura ilimitada.

Áreas e cérceas permitidas										
		Tipo de construção								
		TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV	TIPO V	
		A	B	A	B	A	B	HT	A	B
		Cércea (m)								
GRUPO		IL	49	20	17	20	17	20	15	12
A-1	P	IL	5	3	2	3	2	3	2	1
	A	IL	IL	1.394	790	1.301	790	1.394	1.068	511
A-2	P	IL	11	3	2	3	2	3	2	1
	A	IL	IL	1.440	883	1.301	883	1.394	1.068	557
A-3	P	IL	11	3	2	3	2	3	2	1
	A	IL	IL	1.440	883	1.301	883	1.394	1.068	557
A-4	P	IL	11	3	2	3	2	3	2	1
	A	IL	IL	1.440	883	1.301	883	1.394	1.068	557
A-5	P	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL
	A	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL
B	P	IL	11	5	4	5	4	5	3	2
	A	IL	IL	3.484	2.137	2.648	1.765	3.344	1.672	836
E	S	IL	5	3	2	3	2	3	1	1
	A	IL	IL	2.462	1.347	2.183	1.347	2.369	1.719	883
F-1	P	IL	11	4	2	3	2	4	2	1
	S A	IL IL	IL IL	2.323	1.440	1.765	1.115	3.112	1.301	790
F-2	P	IL	11	5	3	4	3	5	3	2
	S A	IL IL	IL IL	3.484	2.137	2.648	1.672	4.691	1.951	1.208

Fig. 10-4 Tabela de área e cérceas permitidas; adaptada da tabela 503 do IBC.

H-1	P	1	1	1	1	1	1	1	1	NP
	A	1.951	1.533	1.951	650	883	650	975	697	NP
H-2	P	IL	3	2	1	2	1	2	1	1
	A	1.951	1.533	1.022	650	883	650	975	697	279
H-3	P	IL	6	4	2	4	2	4	2	1
	A	IL	5.574	2.462	1.301	1.626	1.208	2.369	929	465
H-4	P	IL	7	5	3	5	3	5	3	2
	S A	IL	IL	3.484	1.626	2.648	1.626	3.344	1.672	604
H-5	P	4	4	3	3	3	3	3	3	2
	A	IL	IL	3.484	2.137	2.648	1.765	3.344	1.672	836
I-1	P	IL	9	4	3	4	3	4	3	2
	A	IL	5.110	1.765	929	1.533	929	1.672	975	418
I-2	P	IL	4	2	1	1	NP	1	1	NP
	A	IL	IL	1.394	1.022	1.115	NP	1.115	883	NP
I-3	P	IL	4	2	1	2	1	2	2	1
	A	IL	IL	1.394	929	975	697	1.115	697	465
I-4	P	IL	5	3	2	3	2	3	1	1
	A	IL	5.620	2.462	1.208	2.183	1.208	2.369	1.719	836
M	P	IL	11	4	4	4	4	4	3	1
	A	IL	IL	1.997	1.161	1.719	1.161	1.904	1.301	836
R-1	P	IL	11	4	4	4	4	4	3	2
	A	IL	IL	2.230	1.486	2.230	1.486	2	1.115	650
R-2	P	IL	11	4	4	4	4	4	3	2
	A	IL	UL	2.230	1.486	2.230	1.486	1.904	1.115	650
R-3	P	IL	11	4	4	4	4	4	3	3
	A	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL	IL
R-4	P	IL	11	4	4	4	4	4	3	2
	A	IL	IL	2.230	1.486	2.230	1.486	1.904	1.115	650
S-1	P	IL	11	4	3	3	3	4	3	2
	A	IL	4.459	2.415	1.626	2.415	1.626	2.369	1.301	836
S-2	P	IL	11	5	4	4	4	5	4	2
	A	IL	7.339	3.623	2.415	3.623	2.415	3.577	1.951	1.254
U	S	IL	5	4	2	3	2	4	2	1
	A	IL	3.298	1.765	790	1.301	790	1.672	836	511

Fig. 10-5 Continuação; Tabela de área e cercas permitidas; adaptada da tabela 503 do IBC.

10.2.5 IBC: restrições de vãos e de paredes exteriores em função da construção

A tabela seguinte estabelece a classificação de resistência ao fogo necessária para uma parede exterior em função da distância à extrema. Como se pode verificar, para uma ocupação do tipo R3, a distância à extrema deverá ser superior a 3 m para que a parede exterior não precise de uma classificação de 1 hora.

Requisitos de resistência ao fogo de paredes exteriores em função da				
Distância x	Tipo de construção	Grupo de Ocupação H	Grupo de ocupação F-1, M, S-1	Grupo de ocupação A, B, E, F-2, I, R, S-2, U
$X < 1,5\text{m}$	Todas	3	2	1
$1,5\text{m} \leq X < 3\text{m}$	I-A	3	2	1
	Outras	2	1	1
$3\text{m} \leq X < 9\text{m}$	I-A, I-B	2	1	1
	II-B, V-B	1	0	0
	Outras	1	1	1
$X \geq 9\text{m}$	Todas	0	0	0

Fig. 10-6 Tabela com requisitos de resistência ao fogo de paredes exteriores em função da distância à extrema; adaptada da tabela 602 do IBC.

11 Proposta de manual prescritivo para construção em *light framing*

Com a introdução do Eurocódigo 5 e das várias normas aplicáveis à madeira e derivados, a construção em madeira encontra-se assim regulamentada e normalizada na Europa. Conforme já referido anteriormente, em Portugal, a construção de madeira em edifícios de pequena dimensão, como a moradia unifamiliar, recorre unicamente a sistemas prefabricados. Este fenómeno resulta maioritariamente da falta de conhecimento por parte dos técnicos no que diz respeito a questões de dimensionamento e de pormenorização construtiva que garanta a durabilidade, o desempenho térmico e acústico da construção de madeira. O sistema *light framing* requer um nível de pormenorização elevado, onde as pequenas questões construtivas têm frequentemente impacto na criação de espaço e expressão final de um edifício.

Para que o arquitecto possa usufruir deste tipo de construção, torna-se então necessário um conhecimento das particularidades do sistema do ponto de vista da sua execução e funcionamento. Assim, propõe-se aqui uma base para um manual que apresente o sistema *light framing*, permitindo ao arquitecto criar um edifício em sincronia com os seus princípios e requisitos construtivos.

Devido às semelhanças entre Portugal e a Califórnia, em termos de condições climáticas, sísmicas e de vento e neve, algumas considerações construtivas aqui apresentadas reflectem essas semelhanças.

11.1 Considerações gerais de construção

11.1.1 Requisitos gerais

Os edifícios e estruturas devem ser construídos de forma a suportarem com segurança todas as acções a que estarão sujeitos, incluindo o peso próprio, as sobrecargas de utilização e as sobrecargas acidentais como cheias, neve, vento e sismos. A construção de um edifício deverá resultar num sistema que crie um caminho de transferência de esforços desde o ponto de origem, através de todos os elementos resistentes até à fundação.

As *guidelines* apresentadas referem-se exclusivamente a um sistema construtivo convencional do tipo *wood light framing*. Quando um elemento estrutural excede as características de um sistema convencional de *wood framing*, a regulamentação Americana permite que apenas esse elemento seja calculado assim como a sua compatibilização com o sistema convencional.

Questões referentes a clima, a vento, a zona sísmica e outras especificidades de carácter geográfico devem ser levadas em conta no projecto.

11.1.2 Localização de paredes exteriores

Utilizando como referência o IRC, a construção de paredes, de projecções e de vãos de edifícios habitacionais tem que estar de acordo com a a tabela abaixo. Projecções são geralmente permitidas até 30 cm para além da parede exterior.

PAREDES EXTERIORES			
Elemento da parede exterior		Resistência ao fogo Mínima	Distância mínima de separação à extrema
Paredes	(Com classificação ao fogo)	1 hora	0
	(Sem classificação ao fogo)	0 horas	1,5m
Projecções	(Com classificação ao fogo)	1 hora na face inferior	0,6m
	(Sem classificação ao fogo)	0 horas	1,5m
Vãos	Não permitido	N/A	menor que 0,9m
	25% máx. da área da parede	0 horas	0,9m
	Sem limite	0 horas	1,5m
Penetrações	Todos	1 hora	menor que 1,5m
		não necessário	1,5m

Fig. 11-1 Tabela com requisitos de resistência ao fogo em função da distância à extrema; adaptada da tabela R302.1 do IRC.

Adaptando a tabela anterior à Portaria 1532/2008, vemos que os requisitos são semelhantes, com excepção da distância à extrema (ou entre edifícios), que aumenta.

PAREDES EXTERIORES			
Elemento da parede exterior		Resistência ao fogo Mínima	Distância mínima de separação à extrema
Paredes	(Com classificação ao fogo)	EI 60 ou REI 60	0
	(Sem classificação ao fogo)	0 horas	2,0m
Projecções	(Com classificação ao fogo)	D-s3 d1	0
	(Sem classificação ao fogo)	0 horas	2,0m
Vãos	Não permitido	D-s3 d0	inferior a 2,0m
	25% máx. da área da parede	N/A	N/A
	Sem limite	não necessário	2,0m
Penetrações	Todos	D-s3 d0	inferior a 2,0m
		não necessário	2,0m

Fig. 11-2 Tabela adaptada à Portaria 1532/2008, baseada na tabela R302.1 do IRC.

11.1.3 Garagem e alpendres automóveis

A abertura entre a garagem e o resto da habitação deve ser munida com uma porta sólida de madeira com, pelo menos, 35 mm de espessura ou uma classificação E-C30. As paredes e estrutura do tecto devem ser forradas com gesso cartonado com 12 mm; caso a garagem tenha espaço habitável num piso superior, o forro deverá ser de gesso cartonado de 15 mm, resistente ao fogo (com fibra de vidro). O pavimento da garagem deve ser de material incombustível.

11.1.4 Separação entre os fogos

A separação ao fogo necessária entre dois fogos, numa situação geminada, é de uma hora. A construção do sistema de pavimento, tecto e parede com essa classificação estende-se até à parede exterior e ao forro da cobertura.

11.1.5 Retardadores de vapor

Nas paredes, pavimento e coberturas / tectos que fazem parte da envolvente exterior de protecção térmica deve ser instalado um retardador de vapor no lado quente do isolamento térmico, a fim de eliminar condensações intersticiais.

11.1.6 Protecção contra deterioração da construção

A protecção contra a deterioração da construção é assegurada através do uso de madeira naturalmente resistente para a classe de risco ou através de madeira tratada, nas seguintes aplicações:

- Vigotas ou outros elementos de suporte, quando a 450 mm, ou vigas, quando a 300 mm de distância do solo em vazio sanitários ou qualquer outra área não escavada dentro do perímetro das fundações.

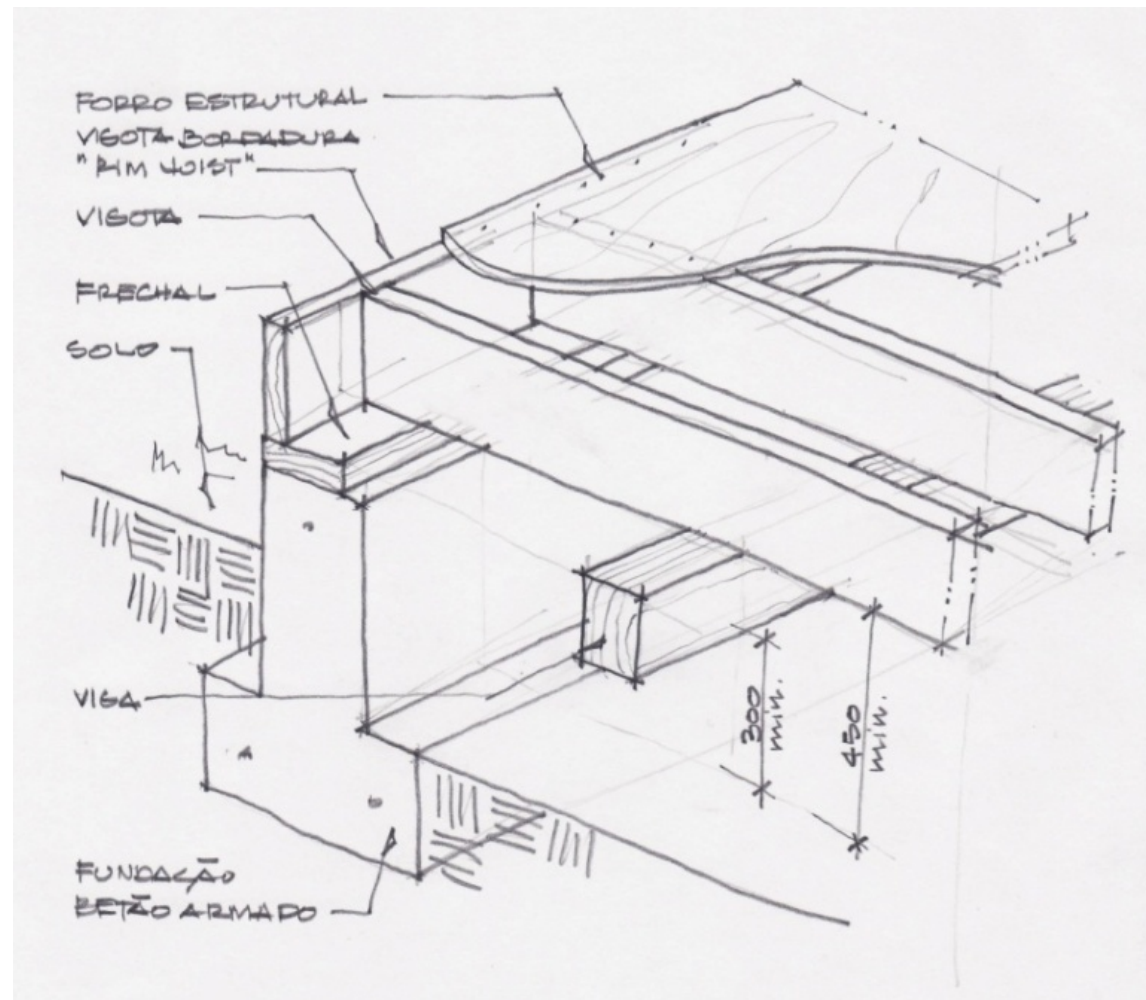


Fig. 11-3 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)

- Todos os elementos da armação que se encontrem em contacto com fundações de betão ou alvenaria e estejam a menos de 200 mm do solo.

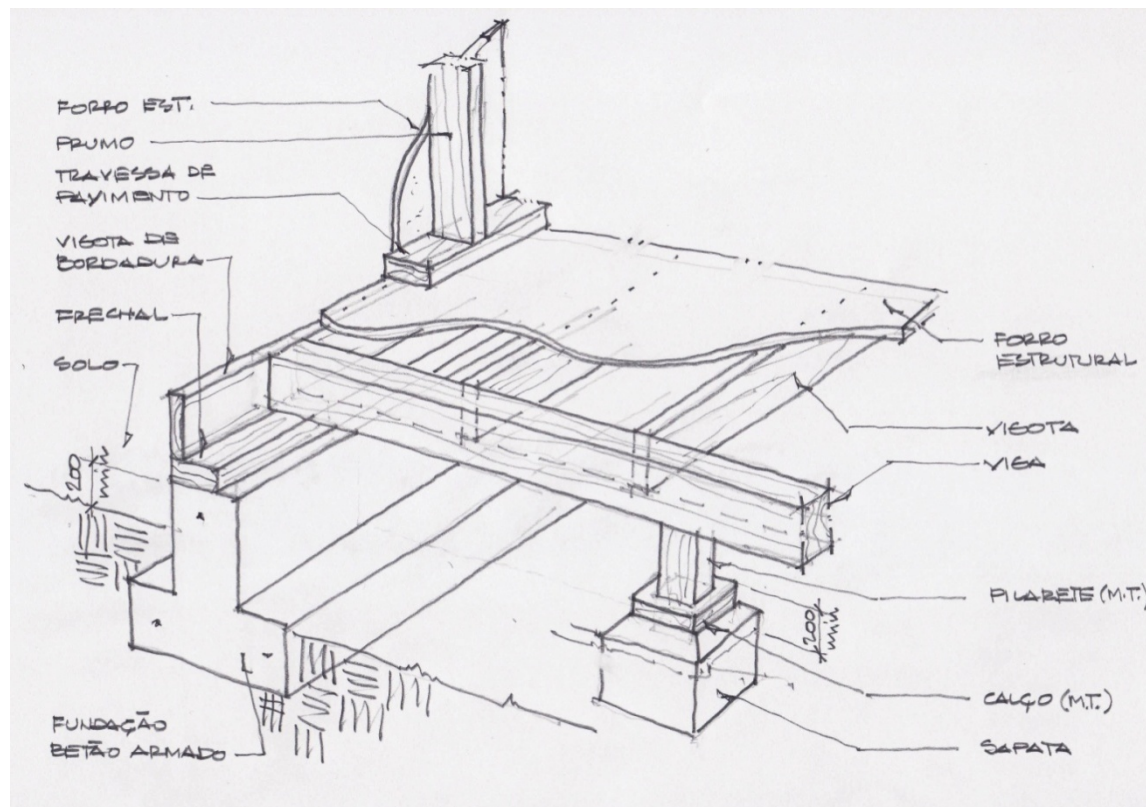


Fig. 11-4 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)

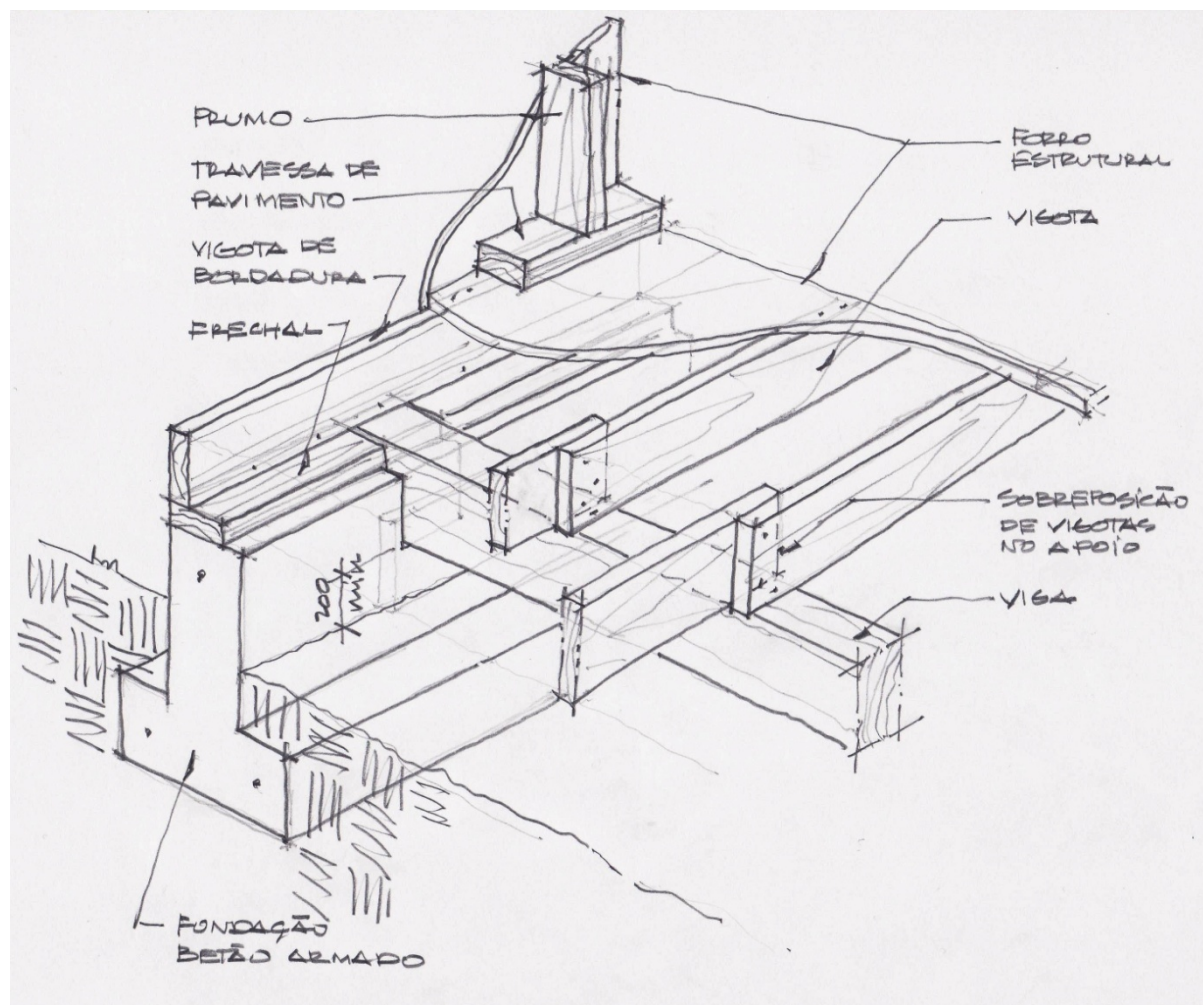


Fig. 11-5 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)

- Qualquer frechal ou travessa em contacto com fundação de betão ou alvenaria, desde que não tenha uma barreira impermeável.

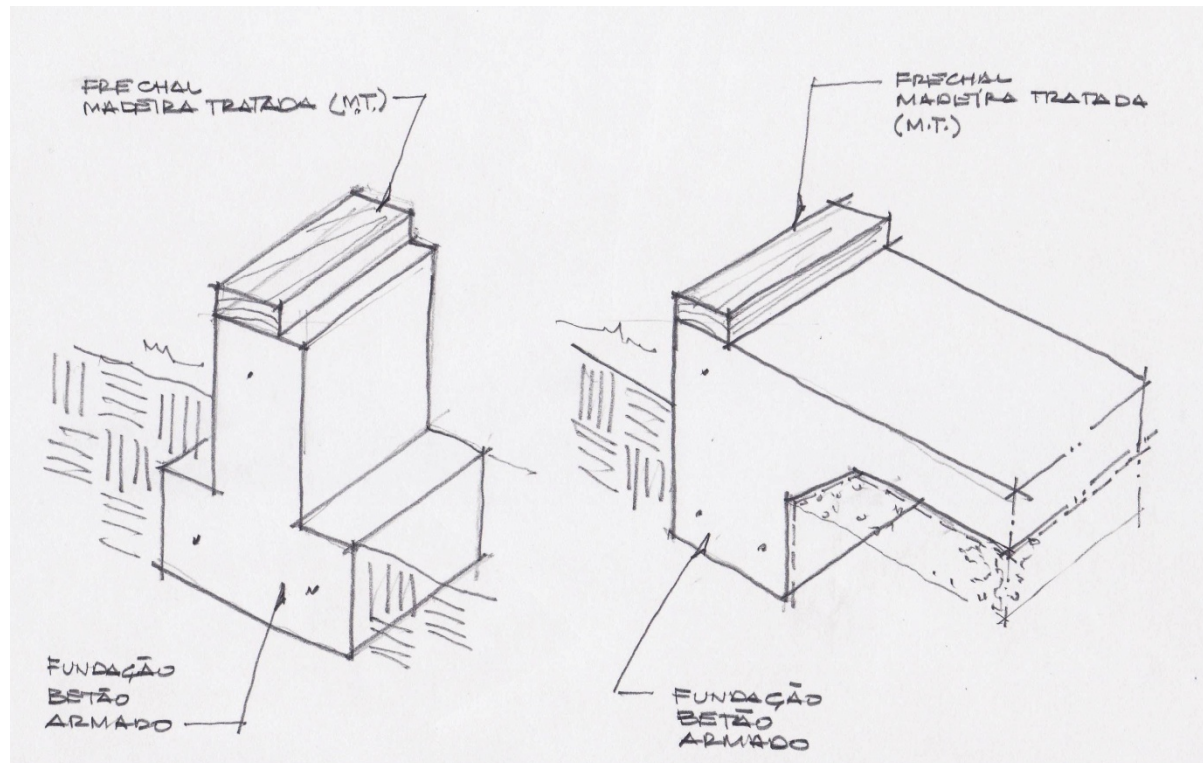


Fig. 11-6 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor)

- As entregas de vigas feitas em elementos exteriores de betão ou alvenaria com caixa de ventilação com dimensões inferiores a 15 mm dos lados e topos.

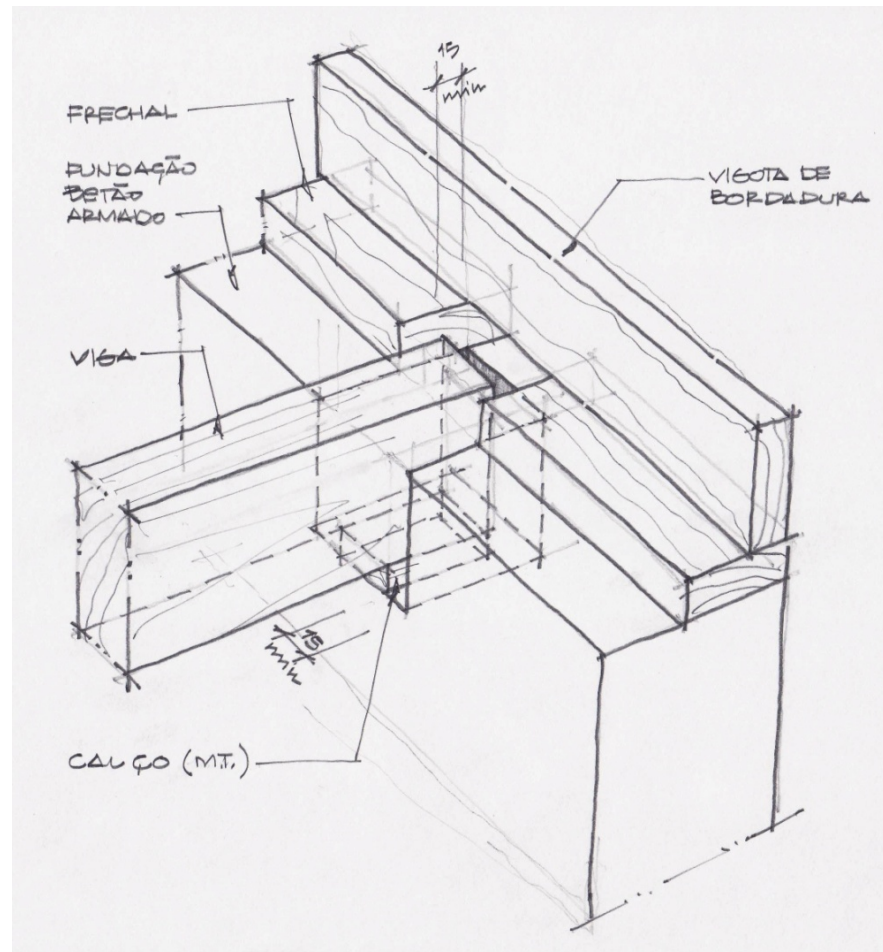


Fig. 11-7 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor)

- Forro de madeira e qualquer elemento da armação no exterior do edifício a menos de 150 mm do solo.

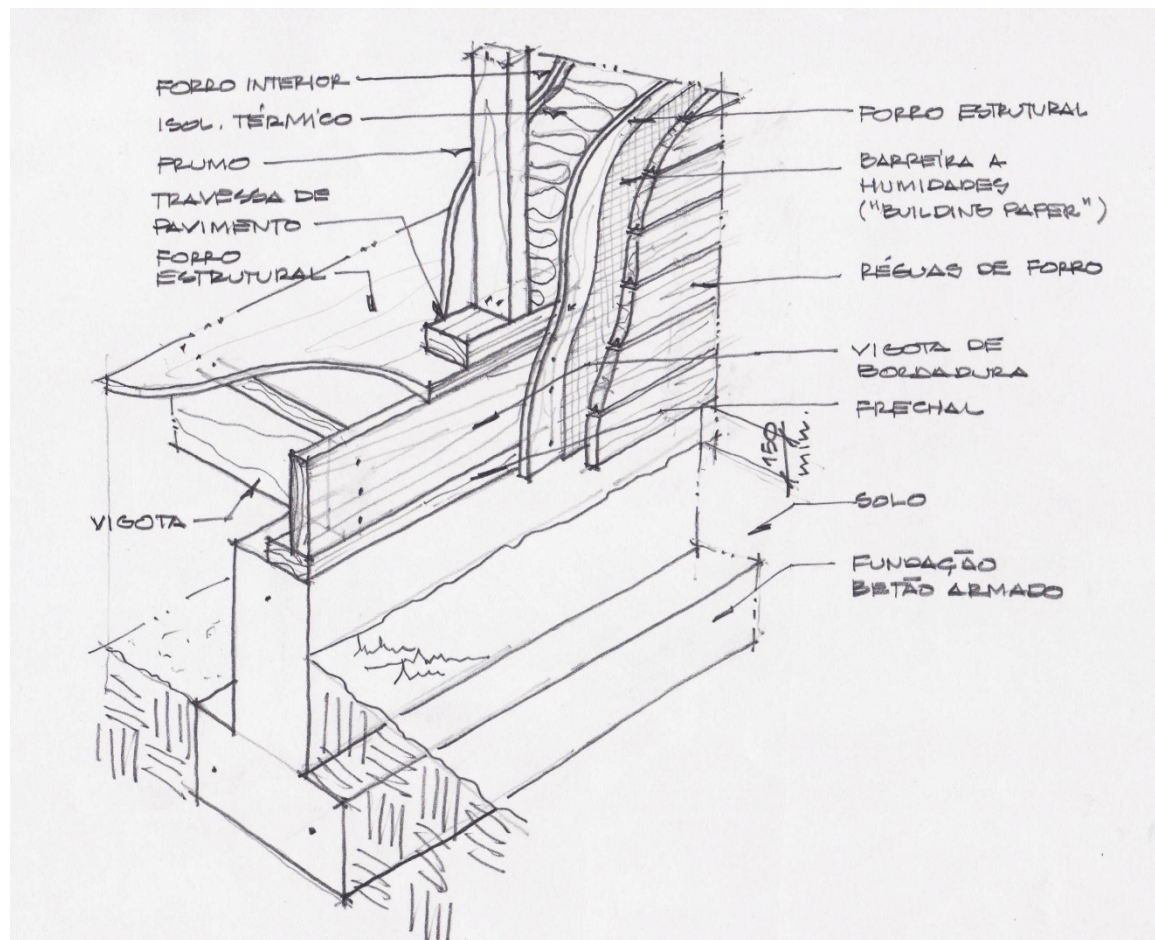


Fig. 11-8 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)

- Elementos estruturais de madeira em suporte de pavimento permeáveis ou coberturas expostas à intempérie, tais como em revestimentos com betonilhas, excepto se existir uma barreira impermeável entre esses elementos.

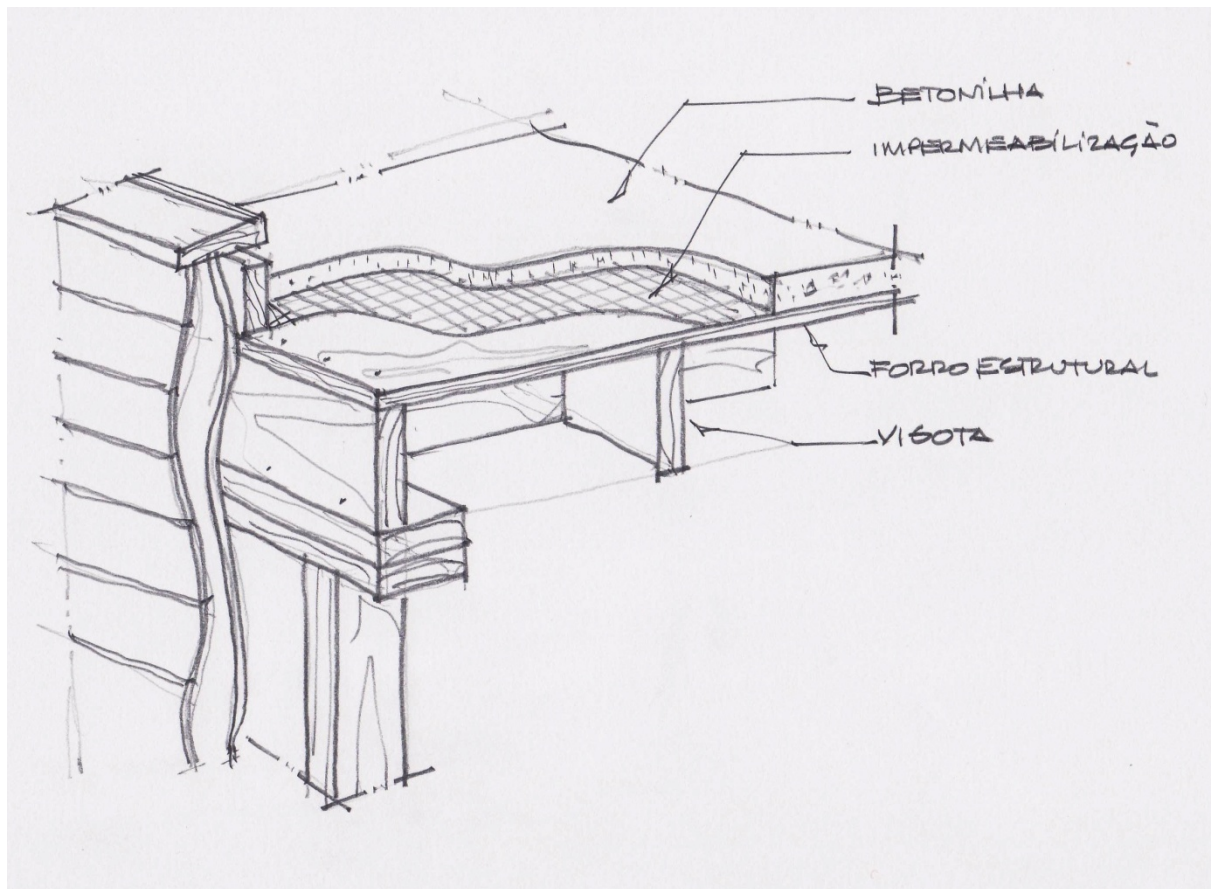


Fig. 11-9 Protecção contra a deterioração da construção através da protecção da madeira à intempérie. (des. autor)

- Serrafos ou outros elementos aplicados directamente ao interior de paredes de betão ou alvenaria, em lajes, excepto se existir uma camada retardadora de vapor entre o betão e os elementos de madeira.

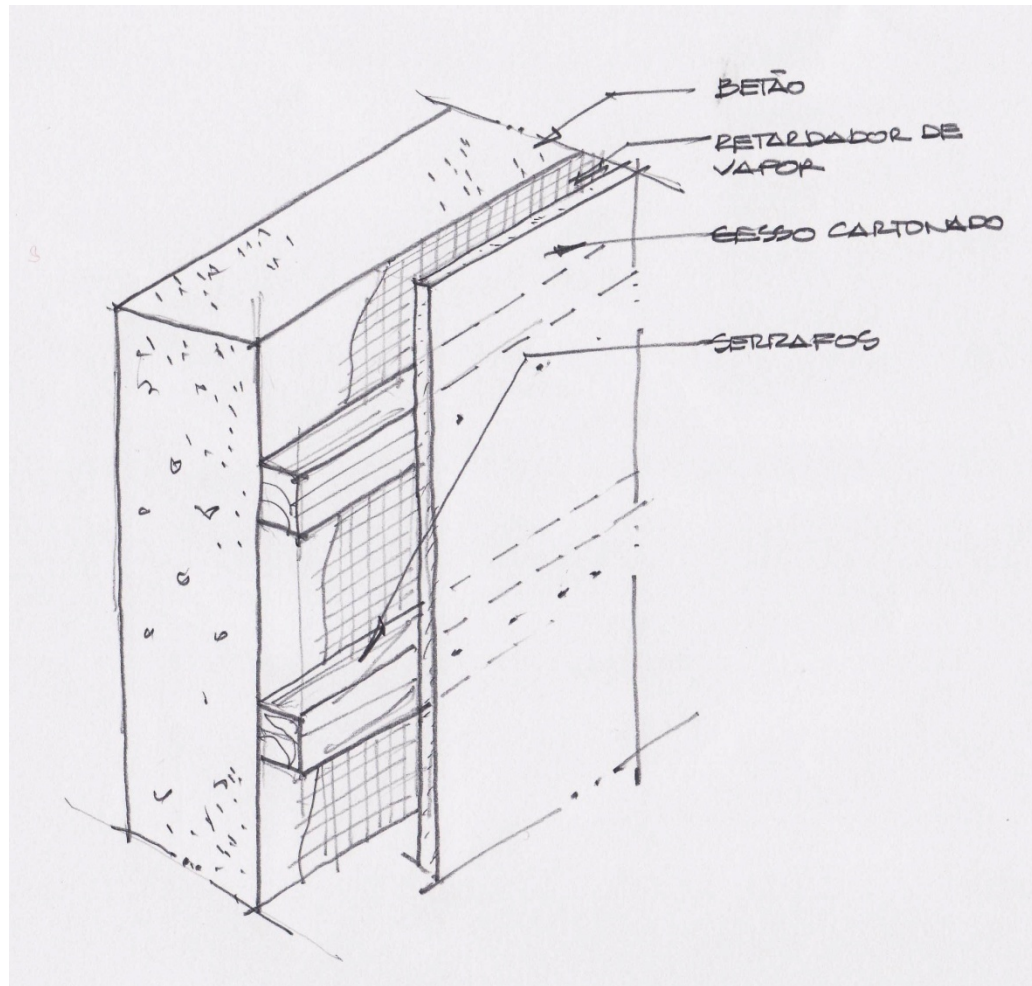


Fig. 11-10 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor)

As áreas cortadas ou furadas de qualquer madeira previamente tratada deverão ser tratadas novamente em obra.

Toda a madeira em contacto com o solo, embutida em betão assente directamente no solo ou exposto à intempérie que sirva de suporte a qualquer estrutura destinada a ocupação humana deverá ser tratada em autoclave com tratamento adequado a contacto directo com o solo.

Os pilares devem ser de madeira naturalmente resistente a deterioração ou de madeira tratada. A madeira tratada deverá incluir a respectiva marca de qualidade do produto, assim como informação suplementar referente ao local de tratamento, ao tipo de preservador, retenção mínima, utilização, norma aplicável e identificação do serviço de inspecção.

Os elementos de fixação metálicos em madeira tratada deverão ser de aço galvanizado (*hot-dip zinc*), aço inoxidável, *silicon bronze* ou cobre.

11.1.7 Protecção contra térmitas subterrâneas

Em zonas sujeitas a ataque de térmitas subterrâneas deverá ser garantida protecção por um ou mais dos seguintes métodos:

- Tratamento termicida
- Implementação e sistema de engodo a térmitas
- Madeira tratada em autoclave
- Uso de madeira naturalmente resistente a ataques (nos Estados Unidos, a madeira de cerne de *redwood* (*Sequoia sempervirens*) e de *eastern red cedar* (*Juniperus virginiana*) são naturalmente resistentes, no entanto estas madeiras não se encontram disponíveis em Portugal).
- Implementação de barreiras físicas.

Nos Estados Unidos, o recurso a um tratamento termicida inclui o tratamento do solo e ou aplicação nas madeiras, no entanto, em Portugal, o tratamento do solo não é possível devido a questões ambientais.

Podem ser aplicadas barreiras físicas de metal ou plástico, implantadas de forma a impedir a entrada das térmitas na estrutura. Barreiras aplicadas no topo de uma fundação de betão deverão ser complementadas com outro sistema de protecção.

Em locais onde a probabilidade de infestação seja elevada não deverá ser utilizado poliestireno extrudido ou expandido nem poli-isocianurato na face exterior ou interior ou por baixo de qualquer elemento de fundação. A separação entre estes materiais e o solo deverá ser pelo menos 15 cm.

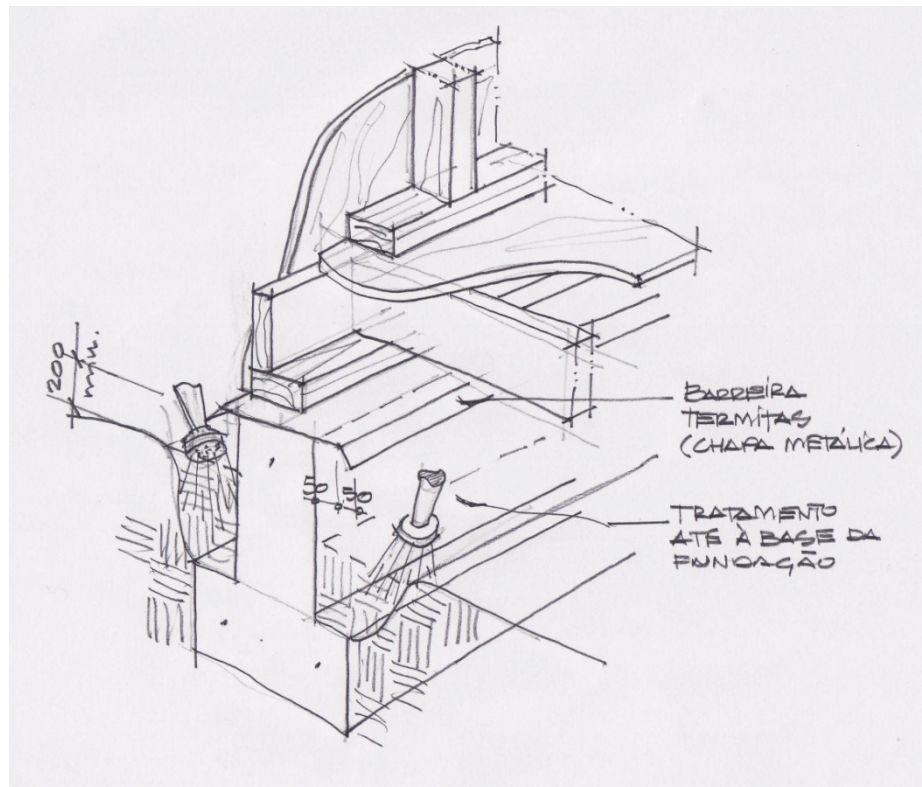


Fig. 11-11 Protecção contra térmitas. (des. autor)

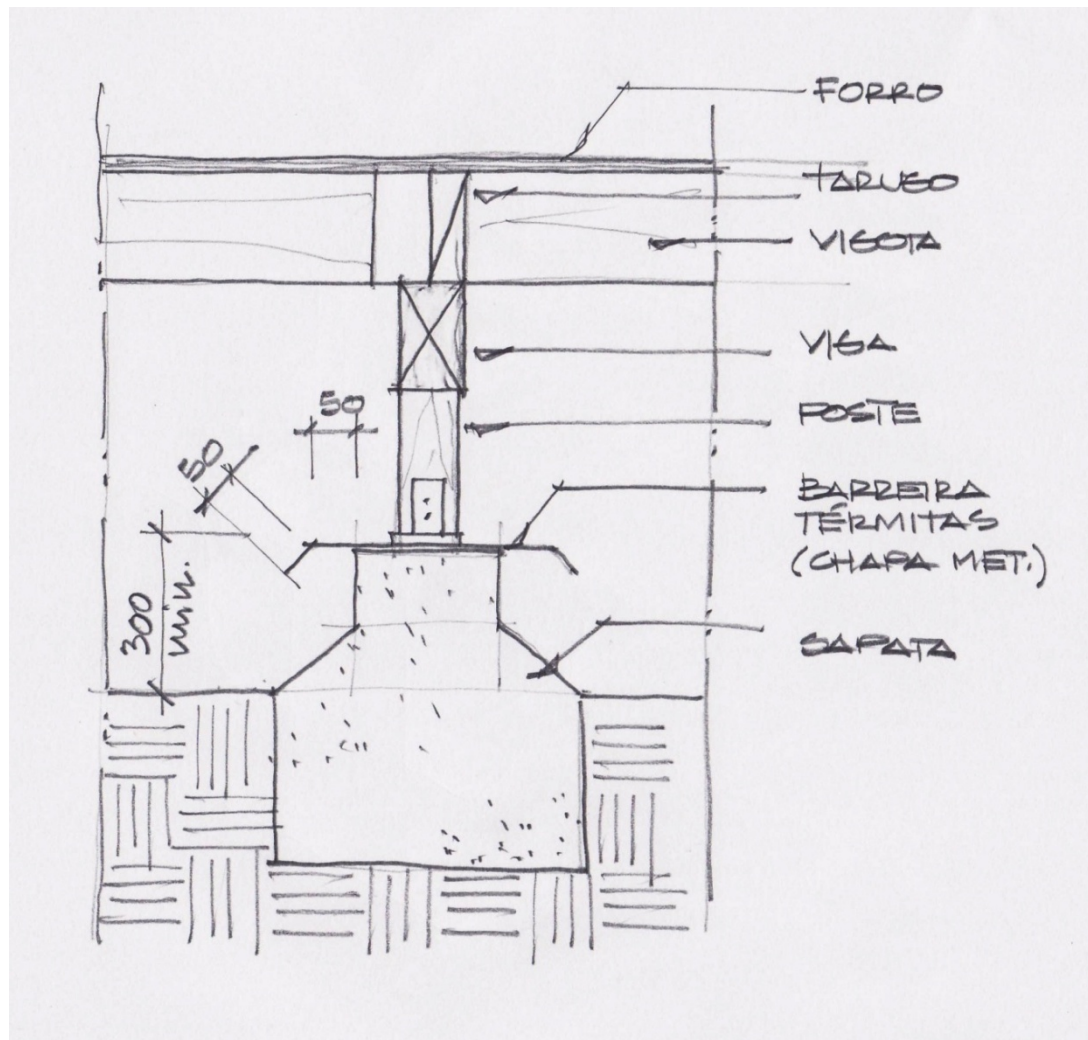


Fig. 11-12 Protecção contra térmitas. (des. autor)

11.2 Fundações

11.2.1 Requisitos gerais

É possível a construção de fundações de madeira se um edifício não exceder os dois pisos e cobertura e as paredes interiores do sistema de fundação não excederem uma distância de 15 m entre paredes opostas. As fundações deverão ter a capacidade de suportar as cargas às quais estarão expostas e de transportar essas cargas ao solo.

11.2.2 Materiais

Em fundações de madeira, os elementos de fixação utilizados abaixo do solo para fixação de contraplacado a prumos e travessas de madeira deverão ser de aço inoxidável do tipo 304 ou 316. Os elementos utilizados acima do solo deverão ser de aço inoxidável tipo 304, 316, *silicon bronze*, cobre, pregos galvanizados (*hot-dip*). Não deverão ser utilizados pregos zincados por processo de electrogalvanoplastia.

Toda a madeira e contraplacado para utilização em fundações de madeira deverão ser tratados em autoclave. Cortes e furos feitos nos elementos de madeira deverão ser tratados em obra com naftato de cobre com uma concentração mínima de 2% de cobre. O tratamento deverá ser feito até à saturação das zonas a tratar.

As fundações poderão também ser de betão armado, bloco de betão armado ou betão prefabricado.

11.2.3 Fundações e muros de suporte

Todas as paredes exteriores deverão ser suportadas em fundações corridas de betão armado, bloco de betão armado, madeira ou pilares dimensionadas para as cargas a que estarão sujeitas, de forma a poder transmitir as cargas ao solo dentro dos seus limites de capacidade de carga. Toda a fundação deverá apoiar em solo virgem natural ou aterro estrutural.

As dimensões mínimas para as fundações de betão ou alvenaria serão de acordo com a tabela seguinte:

Largura mínima da fundação de betão ou alvenaria (m)				
	Capacidade de carga do solo (Kpa)			
	72	96	144	192
Construção convencional light framing				
1 piso	0,3	0,3	0,3	0,3
2 pisos	0,4	0,3	0,3	0,3
Construção convencional com forro de tijolo de burro				
1 piso	0,3	0,3	0,3	0,3
2 pisos	0,5	0,4	0,3	0,3

Fig. 11-13 Tabela com larguras mínimas de fundações, adaptada da tabela R403.1 do IRC.

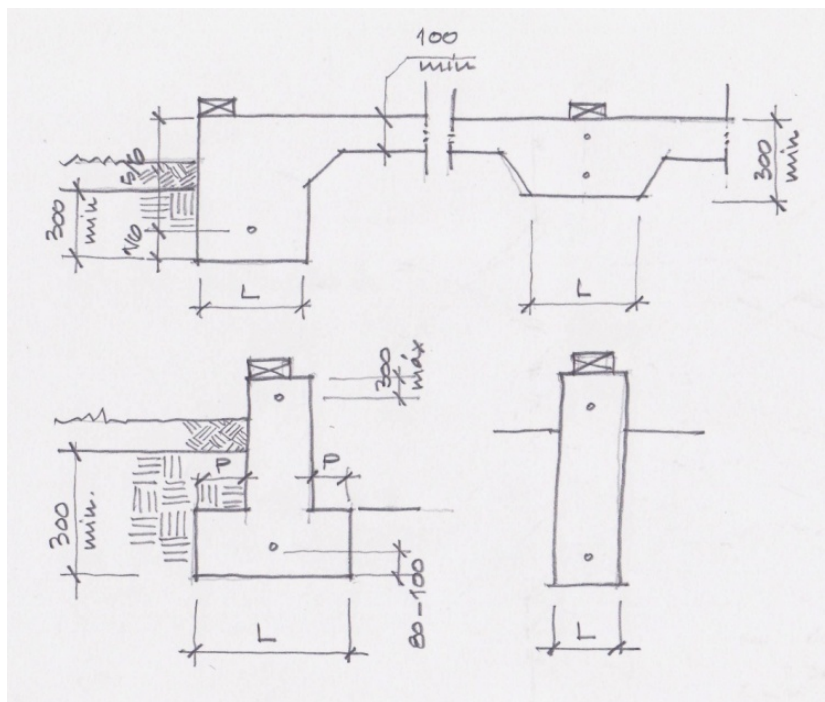


Fig. 11-14 Dimensões mínimas das fundações e raios; adaptado da fig. R403.1.(1) do IRC. (des. autor)

Fundações corridas em T deverão ter uma parede de espessura mínima de 150 mm; as projecções P deverão ter pelo menos 50 mm e não exceder em dimensão a espessura da base do T. Sapatas em suportes intermédios de vigas e pilares deverão ser dimensionadas em função da área de influência e capacidade de carga do solo de acordo com a tabela acima.

O suporte de *shear walls* exteriores em zonas de actividade sísmica deverá sempre ser feito sobre fundações corridas. Paredes *shear wall* interiores em edifícios com mais de 15 m de largura ou comprimento deverão ser suportadas por fundações corridas. Em zonas de actividade sísmica, o betão deverá ser armado.

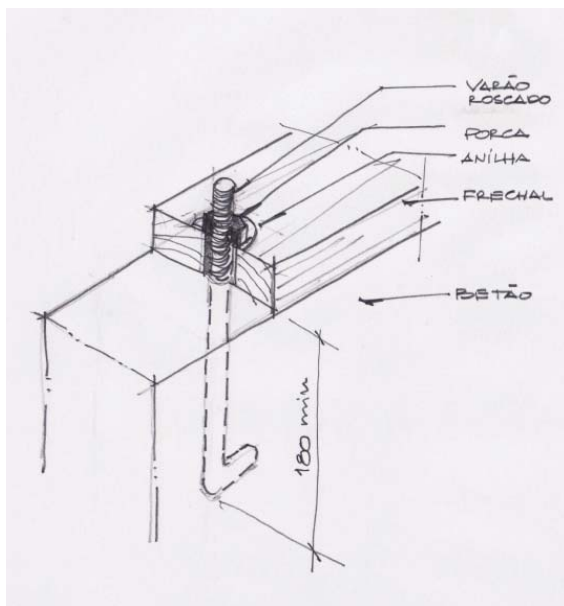


Fig. 11-15 Frechal em fundação de betão. (des. autor)

Fundações corridas em T deverão ter, no mínimo, um varão de 12 mm até um máximo de 300 mm abaixo do topo do T e um varão com mínimo de 12 mm entre 80 a 100 mm da base do T. Em laje térrea com lintel como fundação deverá, no mínimo, ser colocado um varão de 12 mm no topo superior e inferior do lintel de fundação. Se a betonagem for monolítica deverá, no mínimo, ser colocado um varão de 16 mm no meio do terço inferior do lintel.

A implantação das fundações deverá ser feita no mínimo 300 mm abaixo da superfície do solo natural, não perturbado. Em zonas com gelo e neve, as fundações deverão ficar implantadas a uma cota inferior ao plano de congelação do solo.

A face superior das fundações deverá ser de nível. A face inferior das fundações não deverá ter um declive maior do que 10%. Em situações onde, devido ao declive natural do terreno, seja necessária uma inclinação maior, as fundações deverão ser escadeadas, não excedendo um rácio de 2 para 1 (comprimento / altura).

Em fundações em lintel betonado conjuntamente com a laje térrea, a ligação entre o frechal e a fundação deverá ser feita através de varão roscado, com um espaçamento máximo de 1800 mm ao eixo. Deverão ser colocados dois varões, no mínimo, por frechal, a uma distância compreendida entre sete diâmetros do varão e um máximo de 300 mm de cada topo da peça. Em zonas sísmicas, a fixação do frechal de uma parede interior será feita da mesma forma. O varão roscado deverá ter pelo menos 12 mm de diâmetro e deverá ter, no mínimo, uma penetração de 180 mm no betão. A fixação do frechal deverá ser feita por anilha e porca a cada varão roscado. Em edifícios com dois pisos, o espaçamento do varão roscado deverá ser 1200 mm. Os frechais deverão ser de madeira resistente, conforme indicado, e protegidos de ataques de xilófagos como referido.

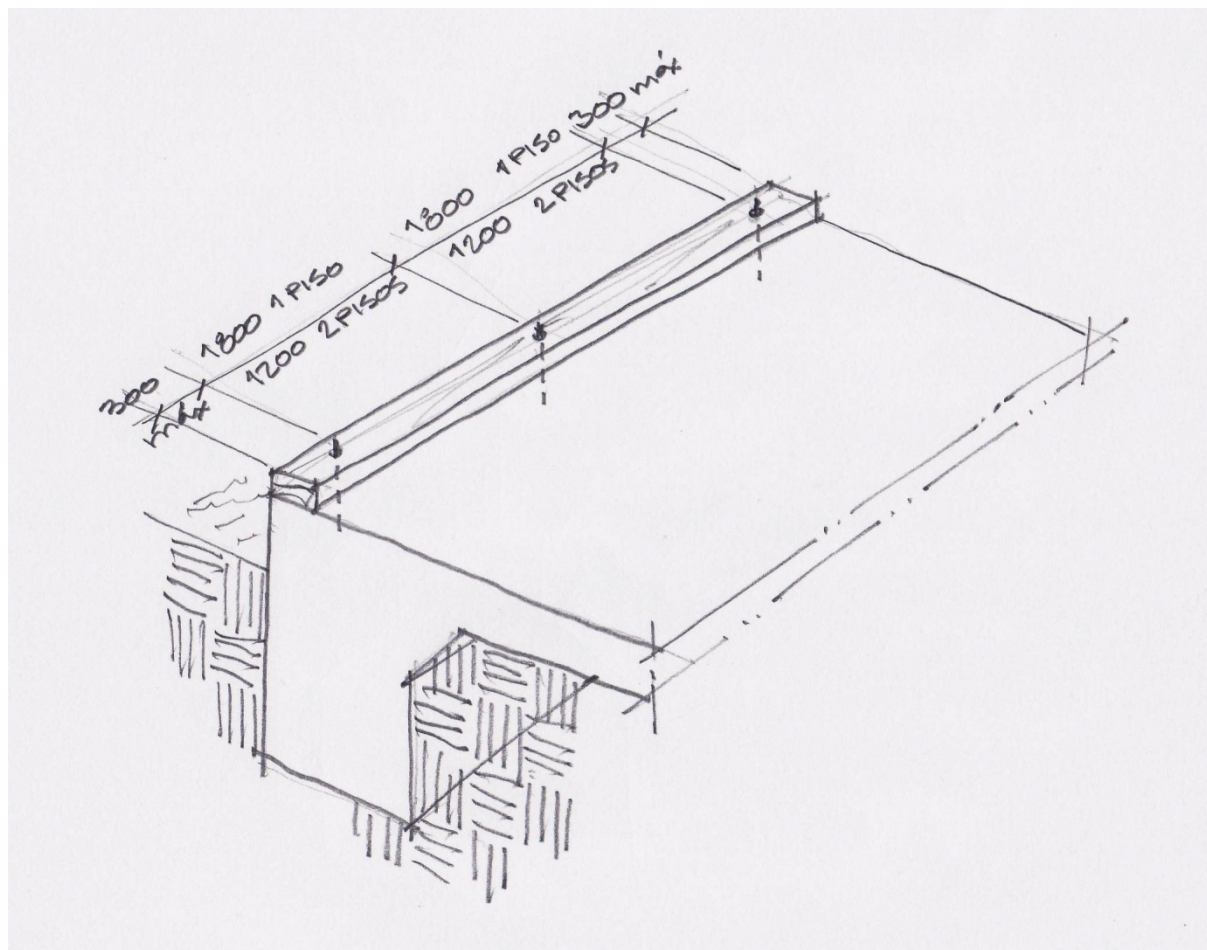


Fig. 11-16 Em edifícios com dois pisos o espaçamento do varão roscado deverá ser 1200 mm. (des. autor)

Edifícios implantados adjacentes a um declive maior do que 30% deverão ter em consideração a drenagem, a erosão e possíveis movimentações de terra, e deverão ser implantados com os seguintes afastamentos:

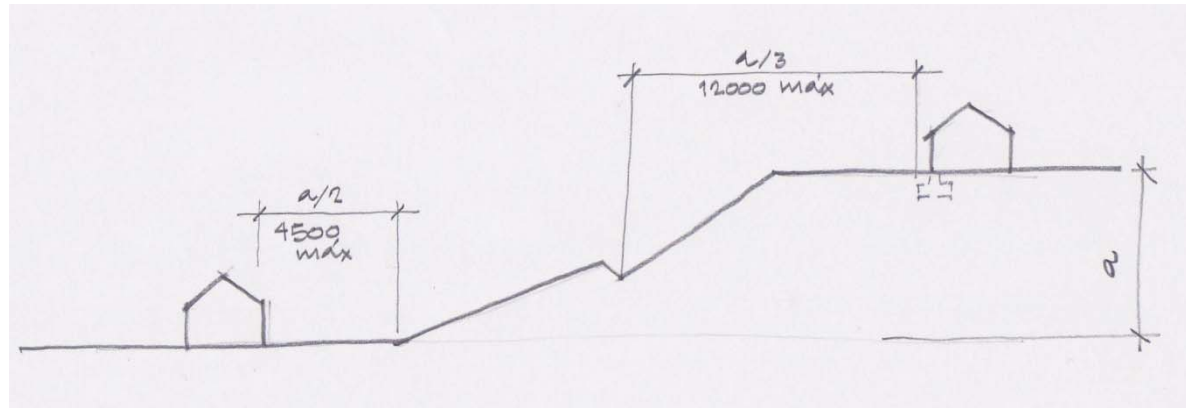


Fig. 11-17 Afastamento da construção a declives. (des. autor)

Em terrenos planos, para garantir escoamento de águas superficiais, o topo das fundações deverá ser implantado 300 mm acima do lancil, mais uma altura de 2% pelo afastamento às fundações.

O topo da fundação de betão deverá situar-se um mínimo de 150 mm acima da cota do terreno acabado.

Fundações em terrenos expansivos não devem ser consideradas como parte de um sistema convencional.

As fundações de madeira deverão ser de acordo com os pormenores abaixo.

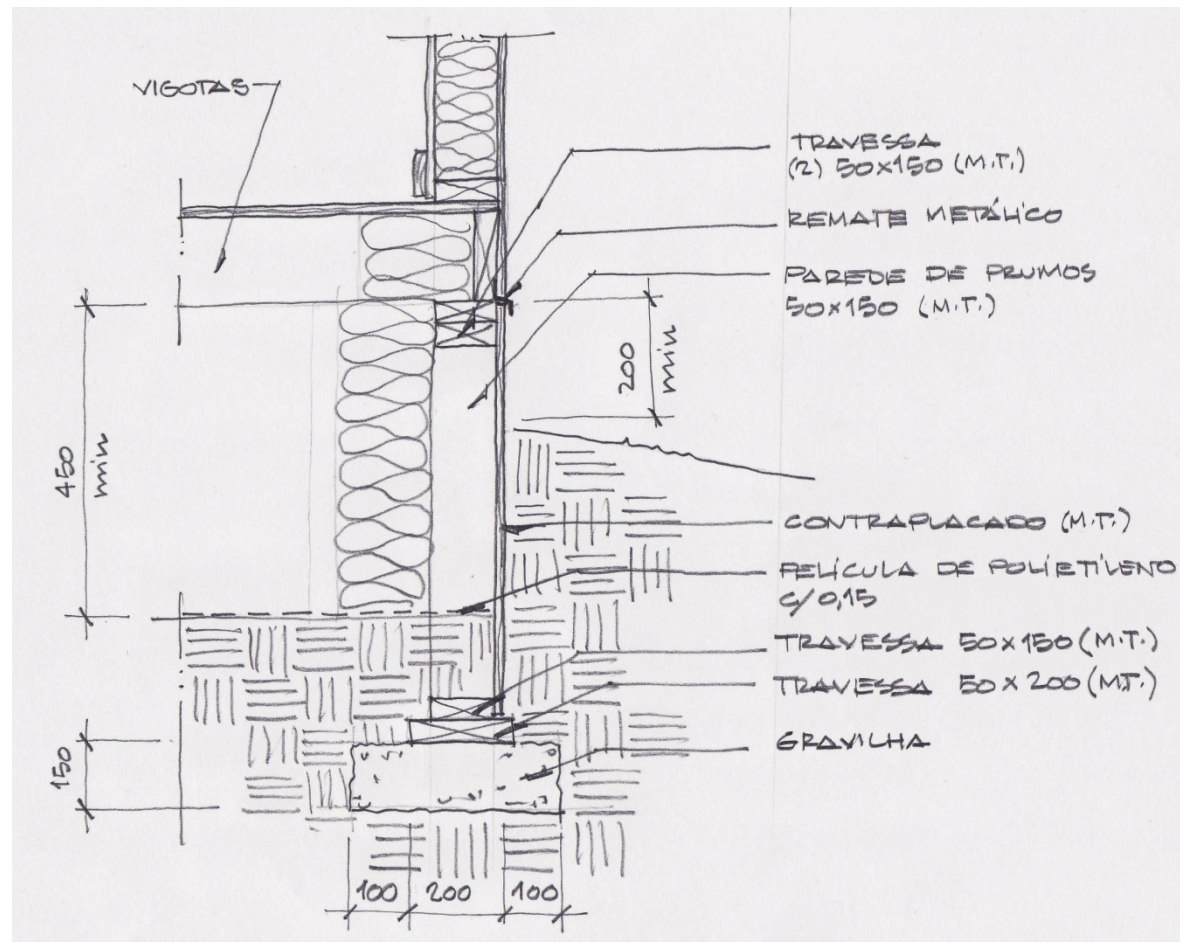


Fig. 11-18 Fundações de madeira em vazio sanitário. (des. autor)

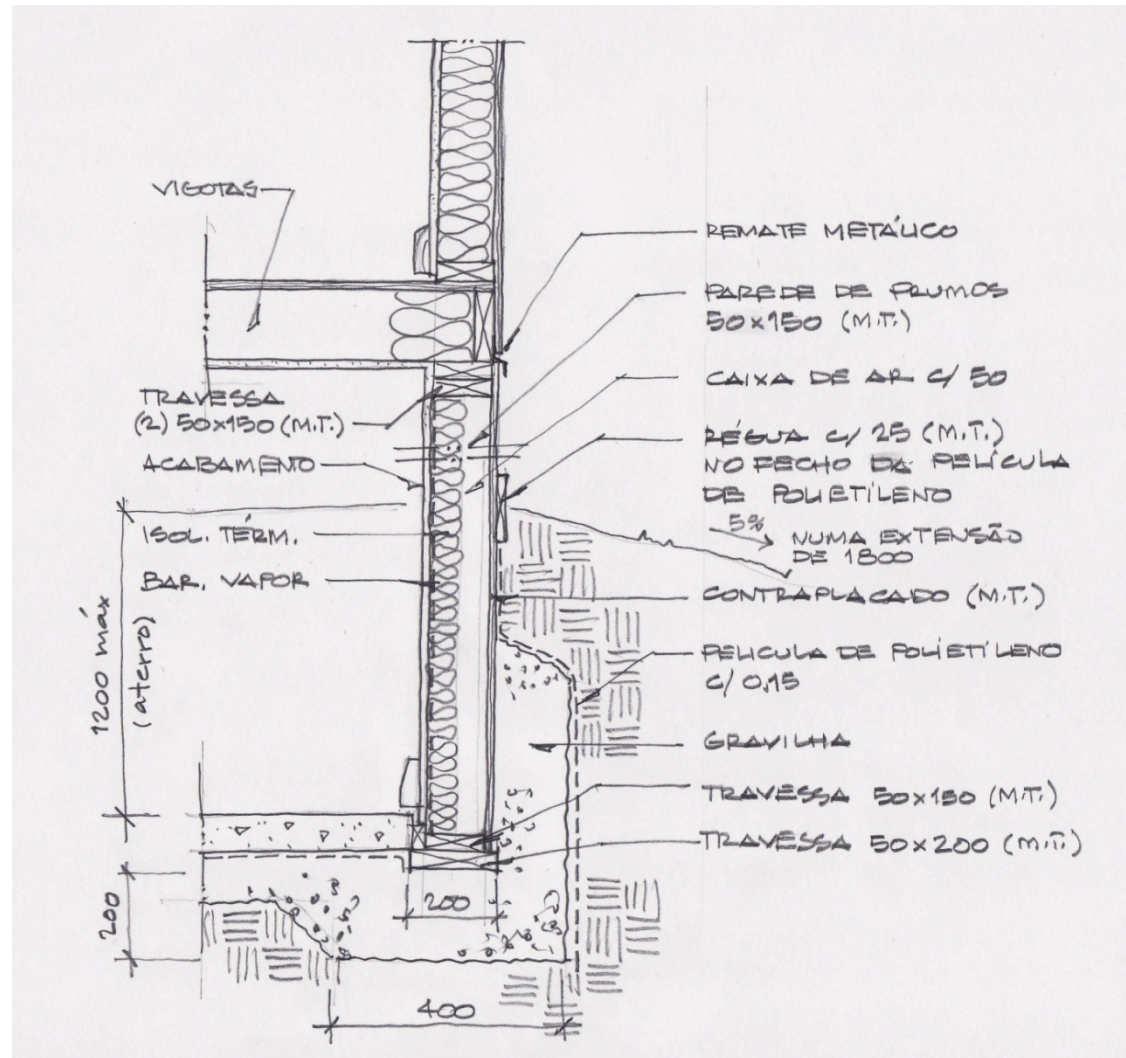


Fig. 11-19 Fundações de madeira em formação de cave semi enterrada. (des. autor)

11.2.4 Vazio sanitário

O espaço vazio sanitário inferior a um pavimento térreo com armação de madeira deverá ser ventilado através das fundações ou das paredes exteriores. A área de ventilação deverá ser de $0,10 \text{ m}^2$ de ventilação por cada 15 m^2 de área do vazio sanitário. Deverá ser colocada uma ventilação a 900 mm de cada cunhal do edifício. As aberturas de ventilação deverão ser cobertas por rede metálica com furos entre 3 e 6 mm. Deverá ser criado um acesso ao vazio sanitário. A abertura deverá ter uma dimensão mínima de 450 mm por 600 mm. A cota do solo no vazio sanitário poderá ser a cota inferior da fundação de betão, salvo em casos onde o nível freático o desaconselhe. Nesses casos, a cota interior do solo pode ser igual à cota do exterior.

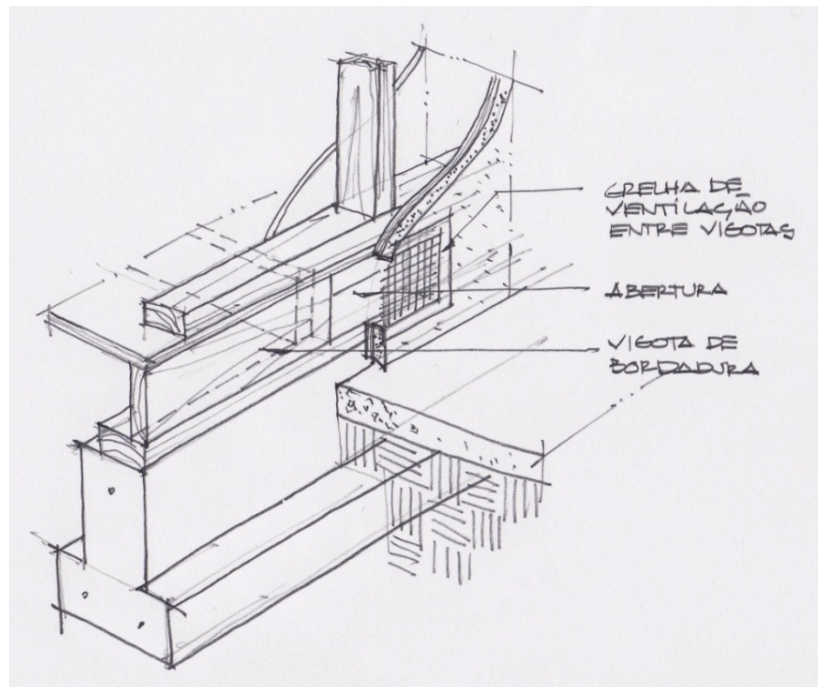


Fig. 11-20 Grelha de ventilação do vazio sanitário colocada entre vigotas de pavimento. (des. autor)

11.3 Pavimentos

11.3.1 Requisitos gerais

A madeira utilizada em construção *light framing* deverá ser de classificação adequada à função a que se destina e deverá ter uma indicação da sua classificação. Deverá sempre ser garantido um caminho para a transferência de cargas horizontais entre o pavimento e uma parede *shear wall* superior ou inferior ao pavimento.

11.3.2 Armação de pavimento de madeira

Decks ligados a uma parede exterior deverão ser fixados, para que exista transferência de cargas verticais e horizontais. A fixação não deverá ser feita exclusivamente com pregos a 45º, cruzados, (*toenailing*) ou outra forma de pregagem em que os pregos possam facilmente sair sob um esforço de tracção. Onde estas condições não possam ser alcançadas, o *deck* deverá ser uma estrutura independente. Em *decks* com troços em consola, as fixações deverão ser executadas de forma a resistirem o levantamento causado pela aplicação da sobrecarga de utilização somente na parte em consola.

Os vãos permitidos serão os das tabelas da Fig. 11-27, Fig. 11-28, para o tipo de madeira indicado. As tabelas reflectem a aplicação de sobrecargas de utilização do IBC, que diferencia as sobrecargas a utilizar em quartos de dormir e outros espaços. Neste caso, as zonas de dormir estão restringidas a uma sobrecarga de utilização de 1,5 kPa, com um peso próprio máximo de 1 kPa. No caso dos outros espaços, a sobrecarga de utilização máxima permitida é de 1,9 kPa, e um peso próprio máximo de 1 kPa.

As consolas permitidas num pavimento deverão ser restringidas a situações onde o pavimento suporta, no máximo, um piso e cobertura, e onde a consola não exceda a dimensão nominal do cutelo das vigotas. Excepção a esta condição será a construção de varandas, como referido anteriormente.

Por baixo de uma parede interior portante, paralela ao sentido das vigotas, deverá ser colocado um par de vigotas, dimensionadas adequadamente. Caso as vigotas tenham de ser afastadas entre si para a passagem de tubagens, as vigotas deverão ser tarugadas com tarugos de secção igual à das vigas; o espaçamento entre tarugos deverá ser de 1200 mm no máximo.

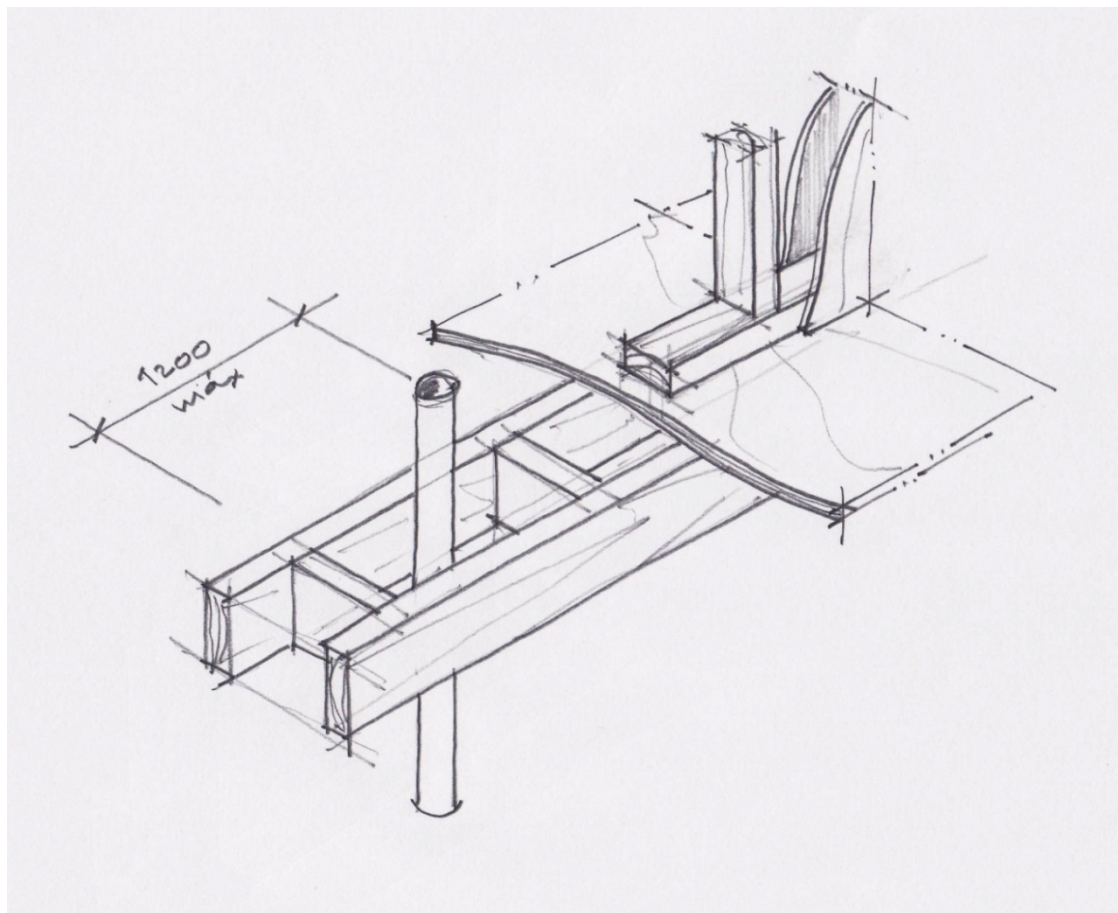


Fig. 11-21 Armação de pavimento para passagem de infraestruturas. (des. autor)

Uma parede interior portante, perpendicular às vigotas de pavimento, deverá ficar alinhada com uma viga no pavimento. Opcionalmente, poderá ser suportada pelas vigotas se estas forem dimensionadas para a carga suplementar.

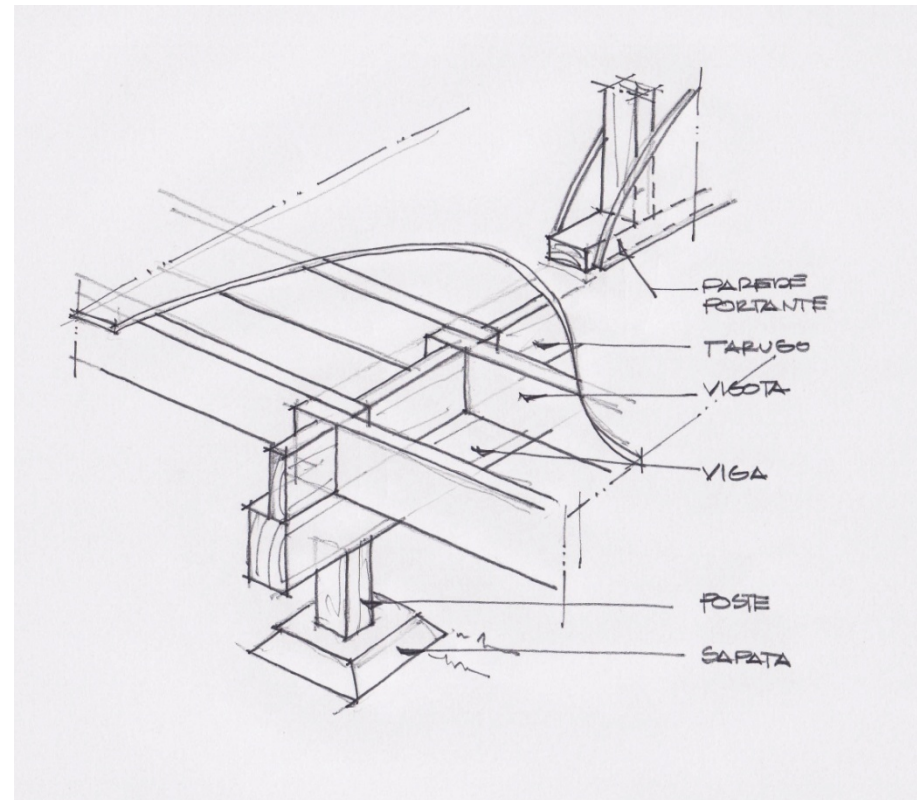


Fig. 11-22 Alinhamento entre viga e parede interior. (des. autor)

Cada vigota ou viga deverá ter no mínimo 40 mm de apoio nas entregas feitas em madeira ou metal. Em betão, o apoio deverá ser no mínimo 80 mm.

As vigotas, paralelas, que se apoiem numa viga intermédia deverão sobrepor-se um mínimo de 80 mm, para permitir que sejam pregadas entre si com um mínimo de três pregos 10d. Alternativamente, a união poderá ser feita com chapa metálica com resistência equivalente.

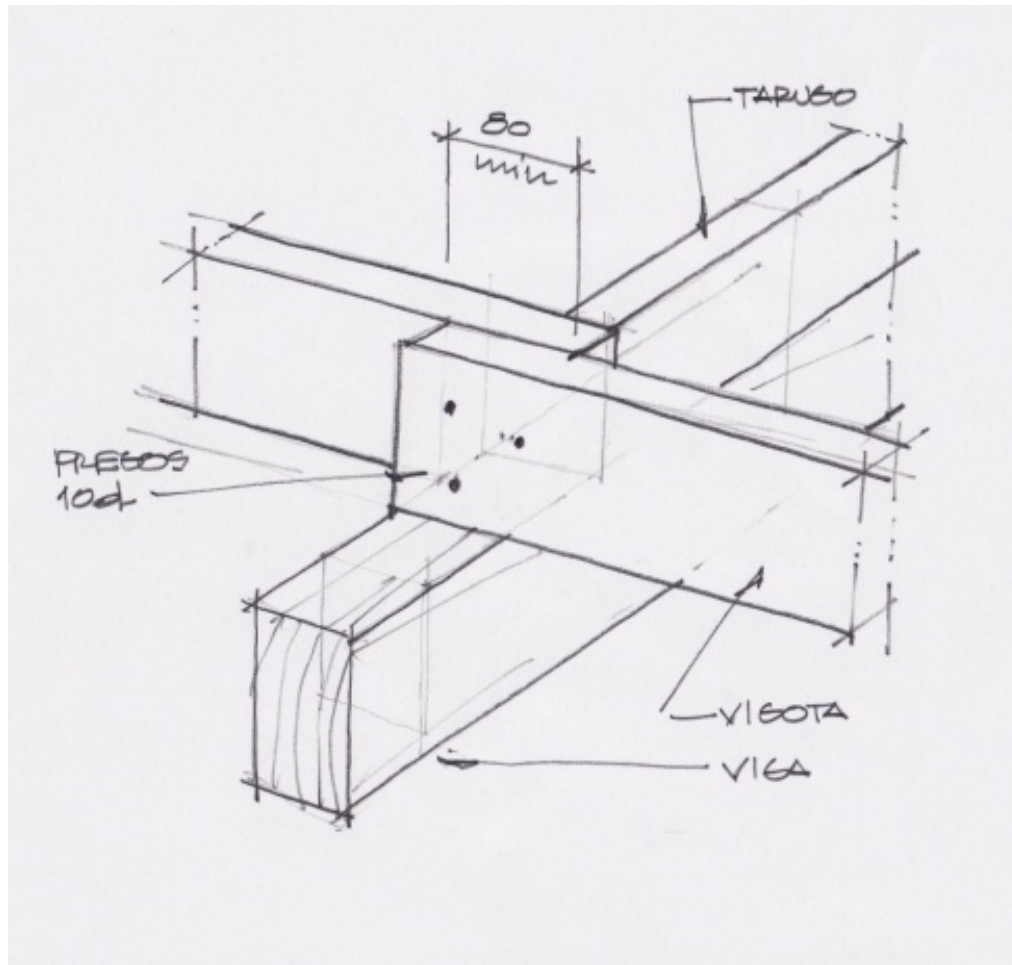


Fig. 11-23 Apoio e pregagem de vigotas de pavimento me apoio intermédio do pavimento. (des. autor)

A ligação de vigotas à face de uma viga deverá ser feita através de ligadores homologados ou por intermédio de um apoio feito com um serrafo de 50x50 mm mínimo.

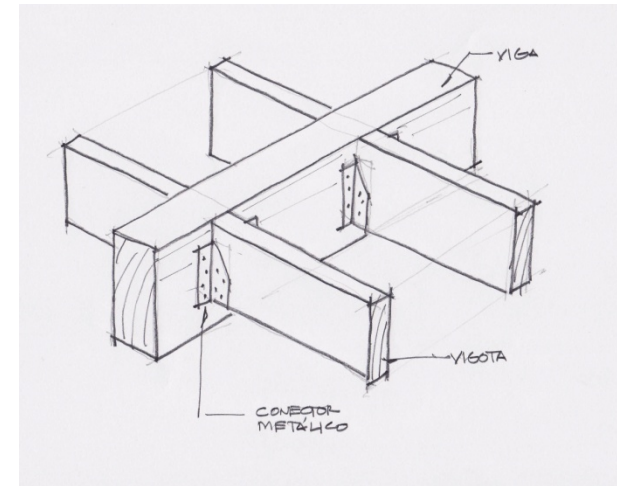
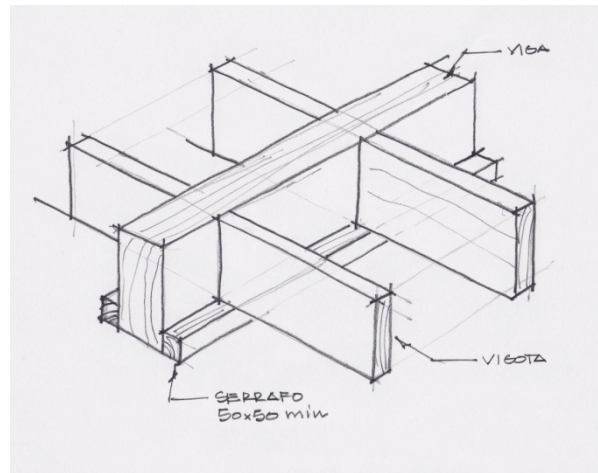


Fig. 11-24 Apoios complanares de vigotas a viga. (des. autor)

Os topos de vigotas nas entregas deverão ser apoiados com tarugos de dimensão nominal 50 mm de altura pelo menos igual ao das vigotas, por ligação a uma vigota de bordadura ou outra forma de fixação que evite a rotação das peças. Em zonas de actividade sísmica, as vigotas deverão ser tarugadas com tarugos de 50 mm de espessura. Vigotas com uma dimensão nominal superior a 50x300 mm serão tarugadas com um espaçamento máximo de 2400 mm.

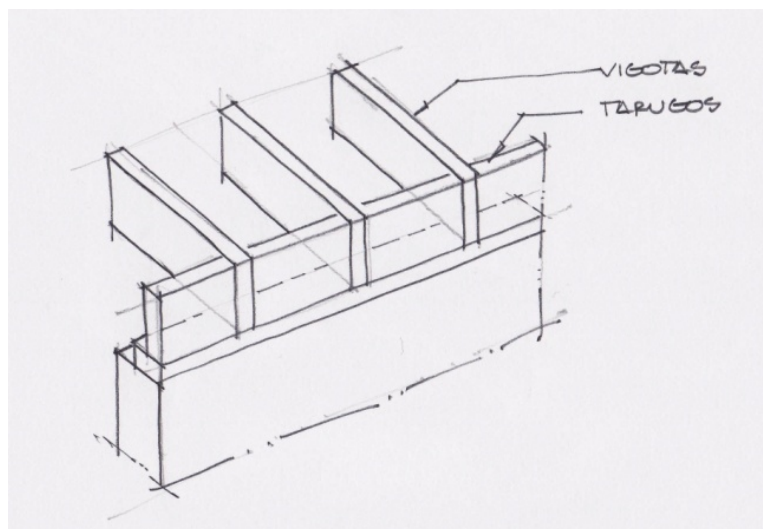
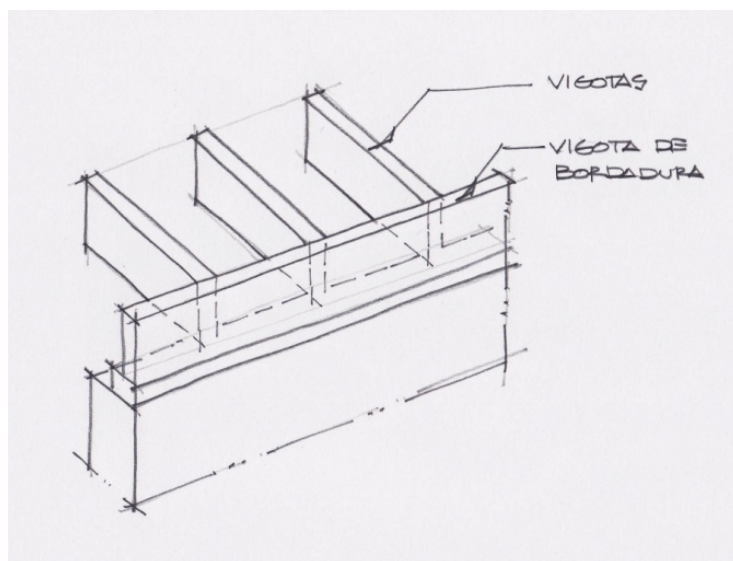


Fig. 11-25 Aplicação de tarugos ou vigota de bordadura na entrega das vigotas. (des. autor)

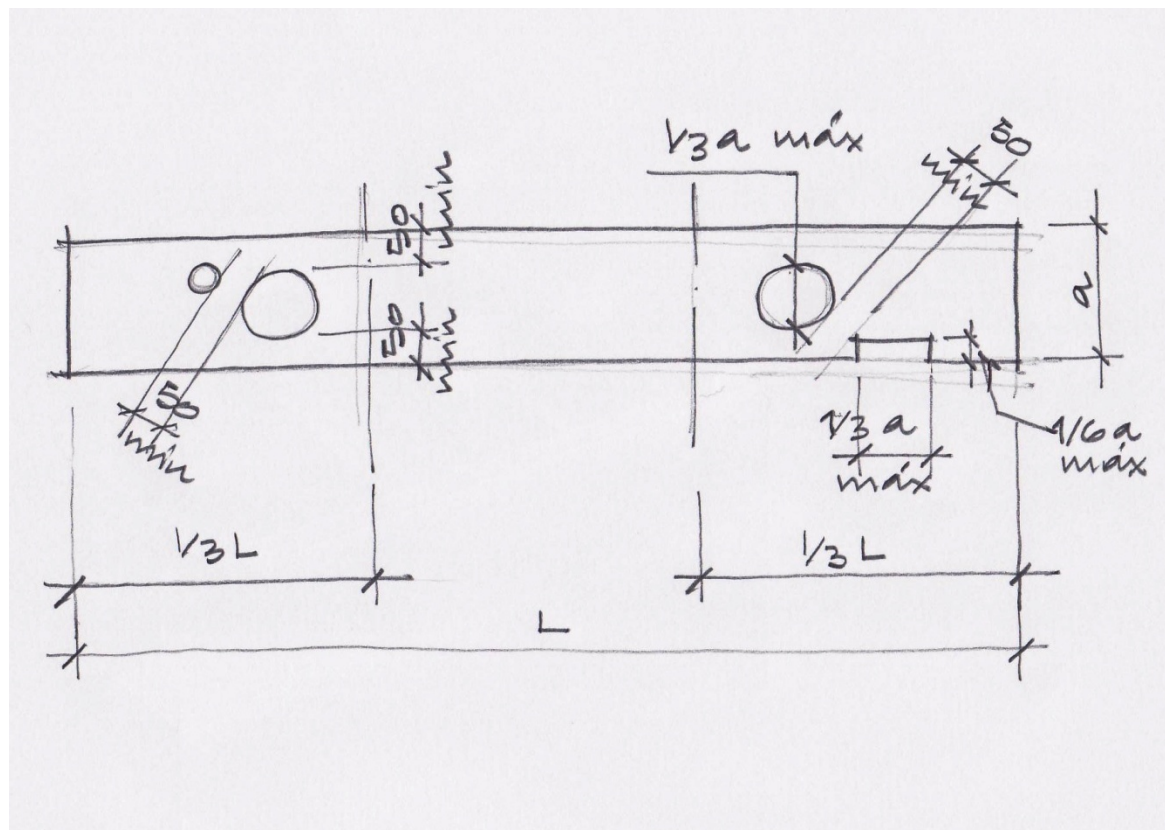


Fig. 11-26 Recortes e furações em vigotas. (des. autor)

Recortes em vigotas de madeira maciça não deverão exceder $1/6$ da dimensão da altura, não deverão ter um comprimento maior do que $1/3$ da dimensão da altura e não deverão ser colocados no terço do meio do elemento. Elementos com 100 mm (nominal) ou mais de largura não deverão ser recortados na face de tracção excepto junto das entregas. Os diâmetros de furos não deverão exceder $1/3$ da dimensão da altura nem estar a menos de 50 mm da face em compressão, tracção ou

de outro furo no membro. Na situação onde o elemento também tenha um recorte, a separação entre ambos deverá ser de pelo menos 50 mm.

Recorte e furos em elementos prefabricados como vigas e vigotas glulam, SVL (*structural veneer lumber*) , LVL (*laminated veneer lumber*) ou I deverão ser feitos de acordo com as recomendações do fabricante.

A armação do pavimento deverá ser de acordo com a tabela abaixo.

Vãos: vigotas de madeira maciça em pavimentos, C16, CR 1 e 2, sobrecarga 1,5 kN/m ²					
Dimensão das vigotas		Peso próprio excluindo pp do pavimento e espaçamento das vigotas			
		De 0,25 até 0,50 kN/m ²		Mais de 0,5 até 1,25 kN/m ²	
Largura	Altura	400	600	400	600
38	97	1,73	1,22	1,43	1,04
38	120	2,33	1,72	1,91	1,42
38	145	2,83	2,30	2,43	1,84
38	170	3,30	2,70	2,82	2,28
38	195	3,75	3,07	3,21	2,62
38	220	4,20	3,44	3,59	2,93
44	97	1,87	1,39	1,59	1,17
44	120	2,46	1,94	2,12	1,58
44	145	2,97	2,51	2,62	2,05
44	170	3,48	2,91	3,03	2,48
44	195	3,98	3,30	3,45	2,82
44	220	4,48	3,70	3,86	3,16
47	97	1,93	1,47	1,67	1,23
47	120	2,52	2,05	2,22	1,66
47	145	3,04	2,59	2,70	2,15
47	170	3,55	3,00	3,14	2,56
47	195	4,07	3,41	3,56	2,91
47	220	4,58	3,82	3,99	3,26
50	97	1,98	1,55	1,75	1,29
50	120	2,57	2,15	2,29	1,74
50	145	3,10	2,67	2,78	2,24
50	170	3,63	3,10	3,23	2,64
50	195	4,15	3,52	3,67	3,01
50	220	4,67	3,94	4,11	3,36
63	97	2,20	1,83	1,94	1,54
63	120	2,78	2,42	2,50	2,05
63	145	3,35	2,92	3,01	2,56
63	170	3,91	3,42	3,52	2,97
63	195	4,48	3,92	4,03	3,37
63	220	4,94	4,41	4,54	3,77
75	120	2,94	2,57	2,65	2,29
75	145	3,54	3,10	3,19	2,78
75	170	4,14	3,63	3,73	3,23
75	195	4,72	4,15	4,27	3,67
75	220	5,15	4,67	4,77	4,11

Fig. 11-27 Vãos permitidos para pavimentos de madeira maciça de classe de resistência C16 e classe de risco 1 e 2.

Vãos: vigotas de madeira maciça em pavimentos, C24, CR 1 e 2, sobrecarga 1,5 kN/m ²					
Dimensão das vigotas		Peso próprio excluindo pp do pavimento e espaçamento			
		De 0,25 até 0,50 kN/m ²		Mais de 0,5 até 1,25 kN/m ²	
Largura	Altura	400	600	400	600
38	97	1,92	1,58	1,70	1,36
38	120	2,51	2,12	2,22	1,83
38	145	3,03	2,64	2,72	2,36
38	170	3,55	3,09	3,18	2,74
38	195	4,06	3,54	3,65	3,12
38	220	4,57	3,99	4,11	3,49
44	97	2,05	1,70	1,82	1,52
44	120	2,64	2,27	2,36	1,99
44	145	3,18	2,77	2,86	2,49
44	170	3,72	3,25	3,35	2,91
44	195	4,26	3,72	3,83	3,34
44	220	4,76	4,19	4,32	3,75
47	97	2,12	1,75	1,87	1,56
47	120	2,70	2,34	2,42	2,05
47	145	3,25	2,84	2,92	2,54
47	170	3,81	3,32	3,42	2,98
47	195	4,36	3,81	3,92	3,41
47	220	4,84	4,29	4,41	3,85
50	97	2,18	1,81	1,92	1,61
50	120	2,75	2,40	2,47	2,10
50	145	3,32	2,90	2,98	2,60
50	170	3,88	3,39	3,49	3,04
50	195	4,45	3,89	4,00	3,49
50	220	4,91	4,38	4,51	3,93
63	97	2,41	2,01	2,12	1,78
63	120	2,97	2,60	2,67	2,32
63	145	3,58	3,13	3,22	2,81
63	170	4,19	3,67	3,77	3,29
63	195	4,76	4,20	4,32	3,77
63	220	5,19	4,71	4,81	4,25
75	120	3,15	2,75	2,83	2,47
75	145	3,79	3,32	3,42	2,98
75	170	4,43	3,88	4,00	3,49
75	195	4,96	4,45	4,57	4,00
75	220	5,41	4,91	5,02	4,51

Fig. 11-28 Vãos permitidos para pavimentos de madeira maciça de classe de resistência C24 e classe de risco 1 e 2

Em situações onde se recorra a vigas e pilares, as suas ligações, bem como a ligação à fundação, deverão ter em conta *uplift* e translações.

Aberturas em pavimentos deverão ser armadas em jugo ou cadeia. A vigota secundária poderá ser simples e da mesma dimensão das vigotas do pavimento se o vão a vencer for menor do que 1200 mm. As vigotas primárias poderão ser simples se a localização das vigotas secundárias for inferior a 900 mm do apoio das vigotas primárias.

Quando a vigota secundária vence um vão maior do que 1200 mm, esta e a primária deverão ser duplicadas e de secção suficiente para suportar todas as vigotas interrompidas pela abertura. As ligações entre as vigotas secundárias e primárias deverão ser feitas por conectores homologados, quando o vão das vigotas secundárias excede os 1800 mm. Quando as vigotas interrompidas pela abertura excedem um vão de 3600 mm, deverão ser ligadas às vigotas secundárias por intermédio de conectores metálicos homologados ou em serraños com uma secção mínima de 50x50 mm.

Vigas trianguladas e asnas

Vigas trianguladas, ou asnas, deverão ser objecto de cálculo de estabilidade, não sendo elemento que possa ser considerado como prescritivo. As asnas deverão ser tarugadas de acordo com as recomendações do fabricante. As asnas não deverão ser alteradas de nenhuma forma sem o prévio consentimento do projectista.

Seccionamento ao fogo

Quando existe espaço utilizável abaixo ou acima de um sistema de pavimento e tecto, qualquer espaço fechado e interior ao sistema deverá ser seccionado para que cada seccionamento não exceda 100 m². O seccionamento deverá ser feito para que o espaço seccionado seja de áreas o mais idênticas possível. Em circunstâncias onde o sistema de pavimento e de tecto incorporam gesso cartonado, o seccionamento só deverá existir se o tecto for suspenso ou se os elementos de armação do pavimento forem asnas ou outros elementos perfurados. O material de seccionamento deverá ser, no mínimo, gesso cartonado de 12 mm de espessura ou material equivalente.

11.3.3 Revestimento estrutural de pavimentos

O encontro entre topos ou orlas de elementos de forro estrutural deverá ser feito por cima de elementos de suporte, salvo se os elementos de forro tiverem junta macho-fêmea, caso em que cada elemento deverá, no mínimo, ser suportado por duas vigotas. O forro estrutural poderá ser omitido quando os espaçamento entre vigotas não forem superiores a 400 mm e o pavimento for feito em tábua de solho com 25 mm de espessura e macho-fêmea, disposto perpendicularmente às vigotas.

O revestimento estrutural é geralmente utilizado em conjunção com um forro superior de aglomerado de partículas (*underlayment*), que serve para colmatar as imperfeições do sistema de pavimento e assim criar uma superfície desempenada para aplicação dos pavimento. O desempenho e alisamento são feitos por afagadora. Como alternativa, o forro estrutural pode ser mais espesso e servir também função.

O aglomerado de partículas utilizado como *underlayment* deverá ter uma classificação de utilização adequada e ter uma espessura mínima de 8.mm.

11.3.4 Pavimentos de madeira tratada em autoclave em contacto com o solo

Para implantação de pavimento de madeira directamente no solo, como no caso de *decks*, o terreno deverá ser desmatado e decapado. O material de aterro deverá ser de qualidade e livre de material orgânico. O material de aterro deverá ser compactado até estar garantido um suporte uniforme para os elementos de apoio. Deverá ser aplicada uma camada de gravilha com pelo menos 100 mm de espessura e uma granulometria que não exceda os 20 mm. Os elementos de apoio, frechais, assim como toda a madeira de armação deverão ser tratados por autoclave para as condições de uso.

11.4 Paredes

11.4.1 Requisitos gerais

As paredes deverão ser construídas de forma a suportarem todas as cargas que lhes são impostas e de as transmitirem aos elementos que as suportam. As paredes e divisórias não deverão ser montadas por cima de materiais de revestimento com uma compressão superior a 0,8 mm para uma carga de 435 kPa e que tenham mais de 3 mm de espessura.

11.4.2 Armação de paredes de madeira

A madeira utilizada em prumos, em travessas de pavimento e de tecto, e em vergas na construção de paredes portantes deverá estar identificada quanto à sua classe de resistência. Madeira estrutural colada (*structural glued lumber*) deverá ter igualmente identificação da classificação. A madeira estrutural colada pode ser utilizada em alternativa à madeira maciça.

Os prumos deverão ter a classificação, segundo a classificação Norte Americana, Nº 3, *standard* ou *STUD*. Na Europa, a classe de resistência mais comum a considerar para as madeiras comercialmente disponíveis (casquinha ou espruce) são C16 ou C24. Na maioria dos casos, ao longo do manual, será considerada madeira C24, com uma classe de serviço 2 e classe de risco 2. O forro estrutural deverá ser fixado directamente aos prumos.

As paredes de prumos de madeira deverão ter nos topos uma travessa dupla, montada de forma a criar uma sobreposição entre as travessas nos cunhais do edifício. As juntas de topo entre elementos de cada fiada da travessa devem estar espaçadas pelo menos 600 mm. As juntas de topo entre elementos da travessa podem não ser coincidentes com os prumos. Os elementos das travessas de tecto deverão ter uma altura mínima de 50 mm nominal e largura igual à dos prumos.

As paredes de prumos de madeira deverão ter na sua base uma travessa de pavimento com uma espessura mínima de 50 mm e largura igual à dos prumos.

Em situações onde vigotas, varas ou asnas tenham um espaçamento maior do que 400 mm e os prumos tiverem um espaçamento de 600 mm, cada elemento horizontal deverá ser colocado a menos de 120 mm de cada prumo. Tal não será necessário se a travessa for composta por dois elementos de dimensão mínima de (2)50x150 mm ou um terceiro elemento for adicionado.

Divisórias interiores não portantes, nem parte de uma linha de *shear walls*, deverão, no mínimo, ser constituídas por prumos de secção 50x80 mm com um espaçamento de 600 mm ou prumos à face de 50x100 mm com um espaçamento de 400 mm.

Os recortes feitos em prumos de paredes exteriores ou interiores portantes não devem exceder 25% da largura do prumo. Os prumos em divisórias não portantes poderão ser recortados até 40% da largura do prumo. Qualquer prumo poderá ser furado até um máximo de 60% da largura do prumo, o bordo do furo ficar a mais de 16 mm da face do prumo e o furo não estar no alinhamento de um recorte. Prumos exteriores ou em divisórias portantes interiores furados entre 40% e 60% serão duplicados, não podendo esta condição acontecer em mais do que dois prumos.

Quando for necessário o recorte ou furação da travessa de tecto de uma parede exterior em mais de 50% da sua largura, deverá ser aplicado um tirante de chapa metálica, galvanizada, de 1,5 mm e pelo menos 40 mm de altura, fixada com 8 pregos 16d de cada lado do recorte ou furo. A chapa não será necessária caso a parede seja forrada na sua totalidade com forro estrutural.

As vergas de vãos em paredes exteriores e divisórias interiores portantes deverão ser de acordo com a tabela:

Telhado e tecto	2 - 50 x 200	2,05	1	1,80	2	1,63	2
	2 - 50 x 250	2,55	2	2,21	2	1,98	2
	2 - 50 x 300	2,97	2	2,56	2	2,28	2
	3 - 50 x 200	2,54	1	2,26	1	2,03	1
	3 - 50 x 250	3,20	1	2,77	2	2,49	2
	3 - 50 x 300	3,70	2	3,23	2	2,87	2
	4 - 50 x 200	2,80	1	2,54	1	2,34	1
	4 - 50 x 250	3,56	1	3,20	1	2,87	2
	4 - 50 x 300	4,30	1	3,71	2	3,33	2
Telhado, tecto e piso com apoio central	2 - 50 x 100	,94	1	0,84	1	0,74	1
	2 - 50 x 150	1,37	1	1,22	1	1,09	2
	2 - 50 x 200	1,75	2	1,52	2	1,37	2
	2 - 50 x 250	2,13	2	1,88	2	1,67	2
	2 - 50 x 300	2,46	2	2,16	2	1,96	2
	3 - 50 x 200	2,18	1	1,91	2	1,73	2
	3 - 50 x 250	2,67	2	2,34	2	2,11	2
	3 - 50 x 300	3,10	2	2,72	2	2,44	2
	4 - 50 x 200	2,46	1	2,21	1	2,01	1
	4 - 50 x 250	3,07	1	2,69	2	2,44	2
	4 - 50 x 300	3,58	2	3,12	2	2,82	2
Continua							
Vãos permissíveis para vigas e vergas em paredes exteriores (C24-CS3) (Cont)							
Vergas e vigas em suporte de	Nº - Dimensão	Carga de neve no terreno					
		1,4 kN/m ²					
		Largura do edifício					
		6 m		8,5 m		11 m	
		Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ
	2 - 50 x 100	0,80	1	0,71	1	0,64	1
	2 - 50 x 150	1,20	1	1,04	2	0,92	2

Vãos permissíveis para vigas e vergas em paredes exteriores (C24-CS3) (Cont)							
Vergas e vigas em suporte de	Nº - Dimensão	Carga de neve no terreno					
		1,4 kN/m ²					
		Largura do edifício					
		6 m		8,5 m		11 m	
		Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ
Telhado, tecto e one piso com vão de fora a fora	2 - 50 x 100	0,80	1	0,71	1	0,64	1
	2 - 50 x 150	1,20	1	1,04	2	0,92	2
	2 - 50 x 200	1,52	2	1,32	2	1,17	2
	2 - 50 x 250	1,85	2	1,60	2	1,42	2
	2 - 50 x 300	2,16	2	1,85	3	1,65	3
	3 - 50 x 200	1,91	2	1,65	2	1,47	2
	3 - 50 x 250	2,31	2	2,00	2	1,80	2
	3 - 50 x 300	2,69	2	2,33	2	2,08	2
	4 - 50 x 200	2,18	1	1,90	2	1,70	2
	4 - 50 x 250	2,67	2	2,31	2	2,08	2
	4 - 50 x 300	3,10	2	2,69	2	2,41	2
Telhado, tecto e dois pisos com apoio central	2 - 50 x 100	0,78	1	0,69	1	0,61	1
	2 - 50 x 150	1,14	2	0,99	2	0,89	2
	2 - 50 x 200	1,45	2	1,27	2	1,14	2
	2 - 50 x 250	1,75	2	1,55	2	1,40	3
	2 - 50 x 300	2,03	2	1,78	3	1,60	3
	3 - 50 x 200	1,80	2	1,57	2	1,42	2
	3 - 50 x 250	2,21	2	1,93	2	1,72	2
	3 - 50 x 300	2,57	2	2,21	2	2,01	2
	4 - 50 x 200	2,08	1	1,83	2	1,65	2
	4 - 50 x 250	2,54	2	2,24	2	2,01	2
	4 - 50 x 300	2,95	2	2,69	2	2,34	2
Continua							

Vãos permissíveis para vigas e vergas em paredes exteriores (C24-CS3) (Cont)							
Vergas e vigas em suporte de	Nº - Dimensão	Carga de neve no terreno					
		1,4 kN/m ²					
		Largura do edifício					
		6 m		8,5 m		11 m	
		Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ	Vão (m)	NJ
Telhado, tecto e dois pisos de fora a fora	2 - 50 x 100	0,64	1	0,51	1	0,45	2
	2 - 50 x 150	0,94	2	0,81	2	0,71	2
	2 - 50 x 200	1,17	2	1,02	2	0,92	3
	2 - 50 x 250	1,45	2	1,24	3	1,11	3
	2 - 50 x 300	1,68	3	1,45	3	1,30	3
	3 - 50 x 200	1,47	2	1,27	2	1,14	2
	3 - 50 x 250	1,80	2	1,55	2	1,40	3
	3 - 50 x 300	2,08	2	1,80	3	1,63	3
	4 - 50 x 200	1,70	2	1,47	2	1,32	2
	4 - 50 x 250	2,08	2	1,80	2	1,60	2
	4 - 50 x 300	2,41	2	2,08	2	1,88	3
NJ - número de jack studs (prumos mais curtos de apoio à verga ou viga)							

Fig. 11-29 Vãos permissíveis para vigas e vergas em paredes exteriores para madeira de classe de resistência C24, classe de serviço 3; adaptado da tabela 2308.9.5. do IBC.

Os vazios criados pelo espaçamento dos prumos deverá ser seccionado ao fogo através da colocação de tarugos verticalmente na linha do pavimento e do tecto, com um intervalo de 3000 mm na horizontal em casos de paredes duplas, nas transições entre espaços tapados como em sancas ou tectos suspensos, no arranque e chegada das vigotas de formação de uma escada. Nas aberturas causadas para a passagem de infra-estruturas, como cabos e canalizações, o seccionamento deverá ser feito com materiais aprovados para resistir a passagem de chama e fumo.

O seccionamento poderá executado com madeira de 50 mm de espessura, gesso cartonado de 12 mm. Alternativamente, poderá ser utilizada manta ou placa de isolamento térmico de lã mineral,

desde que se garanta que a sua fixação é retida. A lã mineral em manta ou placa poderá ser utilizada para criar o seccionamento horizontal em paredes duplas.

Os prumos de paredes *cripple* em fundações deverão ser da mesma dimensão da parede acima. Caso a parede *cripple* tenha mais de 1200 mm de altura, os prumos serão considerados como se de um piso se tratasse. Em situações em que a parede *cripple* tenha uma dimensão inferior a 350 mm de altura deverá ser revestida, pelo menos num dos lados com painel estrutural ou ser construída de forma sólida.

O desalinhamento entre paredes numa linha de *shear walls* deverá ser no máximo de 1200 mm para cada lado, num máximo de 2400 mm. Numa linha de *shear walls*, a primeira parede deverá começar no máximo a 3800 mm do início da linha. O espaçamento ao eixo máximo entre linhas de *shear walls* deverá ser 10500 mm no sentido longitudinal e transversal do edifício. O espaçamento entre linhas de *shear walls* poderá ser aumentado até 15000 mm se a quantidade de *shear wall* necessária for multiplicada por um factor igual ao espaçamento real dividido por 10500 e o rácio de largura / comprimento para o diafragma do pavimento ou cobertura não exceder 3:1. Numa linha de *shear walls* será permitido um ou mais troços fora do plano, até um máximo de 1200 mm de afastamento e um máximo de 2400 mm de desenvolvimento.

O forro estrutural das paredes deverá ser de acordo com um dos seguintes métodos, exceptuando o Método 1, por não ser adequado a zonas de actividade sísmica mais intensa:

Método 1 – Réguas de 25x100 mm em tirantes contínuos aplicados em recortes nos prumos e travessa de pavimento e tecto ou em chapa metálica de aço galvanizado montada de acordo com as instruções do fabricante. O ângulo dos tirantes deverá estar compreendido entre 60 e 45º medido da horizontal.

Método 2 – Réguas de 16 mm de espessura aplicada diagonalmente sobre prumos espaçados no máximo 600 mm.

Método 3 – Painéis estruturais com uma espessura mínima de 8 mm para prumos com um espaçamento de 400 mm e 10 mm para prumos com espaçamento de 600 mm.

Método 4 – Paineis estrutural de aglomerado de partículas com uma espessura de 13 ou 20 mm, aplicado na horizontal ou vertical sobre prumos com um espaçamento máximo de 400 mm.

Método 5 – Painéis de gesso cartonado com 12 mm de espessura sobre prumos com um espaçamento de 600 mm e pregado com um espaçamento de 175 mm.

Método 6 – Aglomerado de partículas de 10 mm, tipo M1 *Exterior Glue*, classe 3 Europeia, sobre prumos com espaçamento de 400 mm e o revestimento é pregado aos prumos através do aglomerado de partículas. Alternativamente, poderá ser utilizado aglomerado de partículas de 12 mm de espessura, tipo M2 *Exterior Glue*, classe 3 Europeia, sobre prumos com espaçamento de 400mm, com o revestimento pregado aos prumos através do aglomerado ou ao próprio aglomerado.

Método 7 – Reboco de cimento Portland sobre prumos com um espaçamento máximo de 400 mm.

Método 8 – Painéis de revestimento exterior em *Hardboard* quando montados de acordo com a tabela.

Para os métodos de contraventamento 2,3,4,6,7, e 8, acima indicados, cada segmento de parede deverá ter, no mínimo, 1200 mm de comprimento e abranger um mínimo de três prumos, no caso de o espaçamento ser 400 mm, ou dois prumos, no caso do espaçamento entre prumos ser de 600 mm. Para o método 5, cada segmento de parede deverá ter no mínimo 2400 mm de comprimento onde o forro seja aplicado num lado da parede ou um comprimento mínimo de 1200 m, no caso da parede ser forrada em ambos os lados.

Contraventamento de paredes			
Zona Sismica ou velocidade do vento	Condição	Tipo de forro para contraventamento	Contraventamento
Zona sísmica única; vento inferior a 180km/hr	Piso térreo ou piso superior de dois	Método 2, 3, 4, 5, 6, 7, ou 8	Com um espaçamento de 7500mm ao eixo entre paredes e não menos de 25% do comprimento total de uma linha de shear wall para o método 3, ou 40% para os métodos 2, 4, 5, 6, 7 ou 8.
	Piso térreo de dois	Método 2, 3, 4, 5, 6, 7, ou 8	Com um espaçamento de 7500mm ao eixo entre paredes e não menos de 55% do comprimento total de uma linha de shear wall para o método 3, ou 75% para os métodos 2, 4, 5, 6, 7 ou 8.
	<i>Cripple walls</i>	Método 3	Com um espaçamento de 7500mm ao eixo entre paredes e não menos de 75% do comprimento total de uma linha de shear wall

Fig. 11-30 Contraventamento de paredes, adaptado da tabela R602.10.1 do IRC; (para efeitos de simplificação foi considerada uma zona sísmica única para o país).

Em situações onde o forro das paredes exteriores e interiores, parte do sistema de *shear walls*, for feito pelo Método 3 e cobrindo todas as superfícies das paredes, incluindo áreas superiores e inferiores a vãos, o comprimento total necessário da parede *shear wall* poderá ser minorado por um factor de 0,9 se as aberturas tiverem uma altura não superior a 85% da altura da parede e um factor de 0,8 se as aberturas tiverem uma altura inferior a 67% da altura da parede. Neste caso, os comprimentos mínimos de cada troço de parede *shear wall* deverão ser de acordo com a tabela:

Comprimento mínimo de segmentos de <i>shear wall</i> em paredes forradas integralmente com forro estrutural			
Comprimento mínimo do segmento (m)			Altura máxima de uma abertura adjacente a um segmento (% da altura da parede)
2,4 de altura	2,7 de altura	3,0 de altura	
1,20	1,40	1,50	100
0,80	0,90	1,00	85
0,60	0,70	0,75	65

Fig. 11-31 Tabela com comprimentos mínimos de *shear wall*; adaptado da tabela R602.10.5 do IBC.

Em edifícios de um piso, cada painel deverá ser revestido numa face com painel estrutural de 10 mm de espessura mínimo pregado com pregos 8d comuns ou pregos galvanizados tipo *box* de acordo com a tabela da figura Fig. 11-32 e tarugado de forma a criar apoio para cada topo das folhas de forro. Deverão ser instalados dois *anchor bolts* por painel, instalados de acordo com a secção 12.2. Cada prumo do final de cada troço de parede deverá ter um tirante metálico (*tie-down*) ligado à fundação. A instalação do tirante deverá ser feita de acordo com as recomendações do fabricante. Os painéis deverão ser apoiados directamente na fundação ou na armação de pavimento de forma contínua no comprimento total da linha de *shear wall*. A fundação deverá ter um reforço mínimo de dois varões de 12 mm, no topo e em baixo, respectivamente. No caso de uma parede térrea de uma estrutura com dois pisos, a sua construção deverá ser similar, com excepção de que a parede deverá ser forrada em ambos os lados com uma pregagem nos bordos, com um espaçamento de 100 mm. Neste caso, deverão ser colocados pelo menos três *anchor bolts* com um espaçamento que coincida com os quintos do comprimento da peça.

Mapa de pregagem para elementos de estrutura						
	Descrição dos elementos de construção	Numero e tipo de pregos (mm)				Espaçamento (mm)
1	Vigota ao frechal de fundação ou a viga; <i>toe nail</i>	3	-	65	X 2,9	-
2	Reguado de 25x150mm ou menor em forro estrutural, a cada vigota, <i>face nail</i>	2	-	65	X 2,9	-
3	Reguado de 50mm de espessura em forro estrutural a cada vigota ou viga, <i>blind e face nail</i>	2	-	85	X 3,4	-
4	Travessa de pavimento a vigota de bordadura ou tarugo, <i>face nail</i>	85		X	3,4	400 ao eixo
5	Travessa de pavimento ou tecto ao prumo, end nail	2	-	85	X 3,4	-
6	Prumo à travessa de pavimento, <i>toe nail</i>	3	-	65	X 2,9	-
		2	-	85	X 3,4	
7	Prumo duplos, <i>face nail</i>	75		X	3,3	600 ao eixo
8	Travessa de tecto dupla, <i>face nail</i>	75		X	3,3	600 ao eixo
9	Travessa de pavimento a vigota de bordadura ou tarugo em paredes shear wall, <i>face nail</i>	3	-	85	X 3,4	400 ao eixo
10	Travessa dupla de tecto, mínimo de 600mm topos desfasados, <i>face nail</i> na zona de sobreposição	8	-	85	X 3,4	-
11	Tarugos entre vigotas ou vigotas de cobertura à travessa dupla de tecto, <i>toe nail</i>	3	-	65	X 2,9	-
12	Vigota de bordadura à travessa de tecto, <i>toe nail</i>	-	65	X	2,9	150 ao eixo
13	Travessa de tecto, sobreposições nos cunhais e intersecções, <i>face nail</i>	2	-	75	X 3,3	-
14	Verga composta com dois elementos e espaçadores de 15mm	85		X	3,4	400 ao eixo ao longo dos cantos
15	Vergas continuas em várias aberturas, duas peças	85		X	3,4	400 ao eixo ao longo dos cantos
16	Vigotas de tecto à travessa de tecto, <i>toe nail</i>	3	-	65	X 2,9	-
17	Verga continua ao prumo, <i>toe nail</i>	4	-	65	X 2,9	-
18	Vigotas de tecto, sobreposição entre apoio intermédio, <i>face nail</i>	3	-	75	X 3,3	-
19	Vigotas de tecto a vigotas de cobertura paralelas, <i>face nail</i>	3	-	75	X 3,3	-
20	Vigota de cobertura à travessa de tecto, <i>toe nail</i>	2	-	85	X 3,4	-
Continua						

Mapa de pregagem para elementos de estrutura (cont.)							
	Descrição dos elementos de construção	Numero e tipo de pregos; (mm)				Espaçamento (mm)	
21	Tirante de 25mm espessura a cada prumo e travessa de pavimento e tecto, <i>face nail</i>	2	-	65	X	2,9	-
22	Forro de 25x150mm a cada apoio, <i>face nail</i>	2	-	65	X	2,9	-
23	Forro de 25x200mm a cada apoio, <i>face nail</i>	2	-	65	X	2,9	-
24	Forro de maior dimensão do que 25x200mm a cada apoio, <i>face nail</i>	3	-	65	X	2,9	-
25	Entre prumos em cunhais e intersecções			75	X	3,3	600 ao eixo
26	Vigotas compostas de elementos de 50mm de espessura			75	X	3,3	Pregar cada camada; 800 ao eixo ao longo do canto superior e inferior e alternado. Dois pregos nos topos de cada peça
27	Prancha de 50mm de espessura	2	-	85	X	3,4	Em cada ponto de apoio
28	Vigotas à viga de cumeeira, laró ou rincão <i>toe nail</i> <i>face nail</i>	4	-	85	X	3,4	-
		3	-	85	X	3,4	-
29	Tirantes (linhas) às vigotas de cobertura, <i>face nail</i>	3	-	65	X	2,9	-
30	<i>Collar ties</i> às vigotas de cobertura, <i>face nail</i> , ou em tirantes metálicos de cumeeira com 30mm de largura e 1mm de espessura	3	-	75	X	3,3	-

Fig. 11-32 Mapa de pregagem para elementos de estrutura, adaptado da tabela R602.3.(1) do IRC.

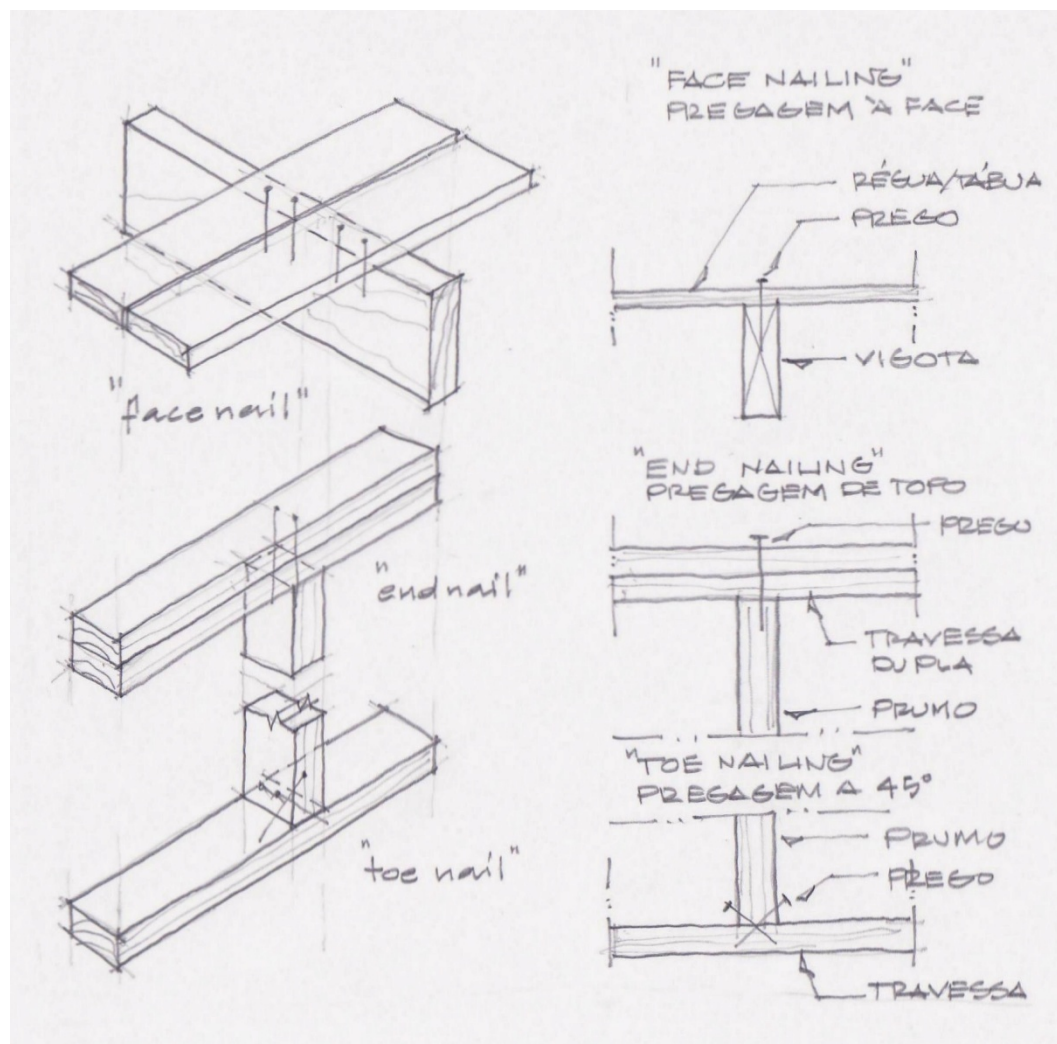


Fig. 11-33 Tipos de pregagem. (des. autor)

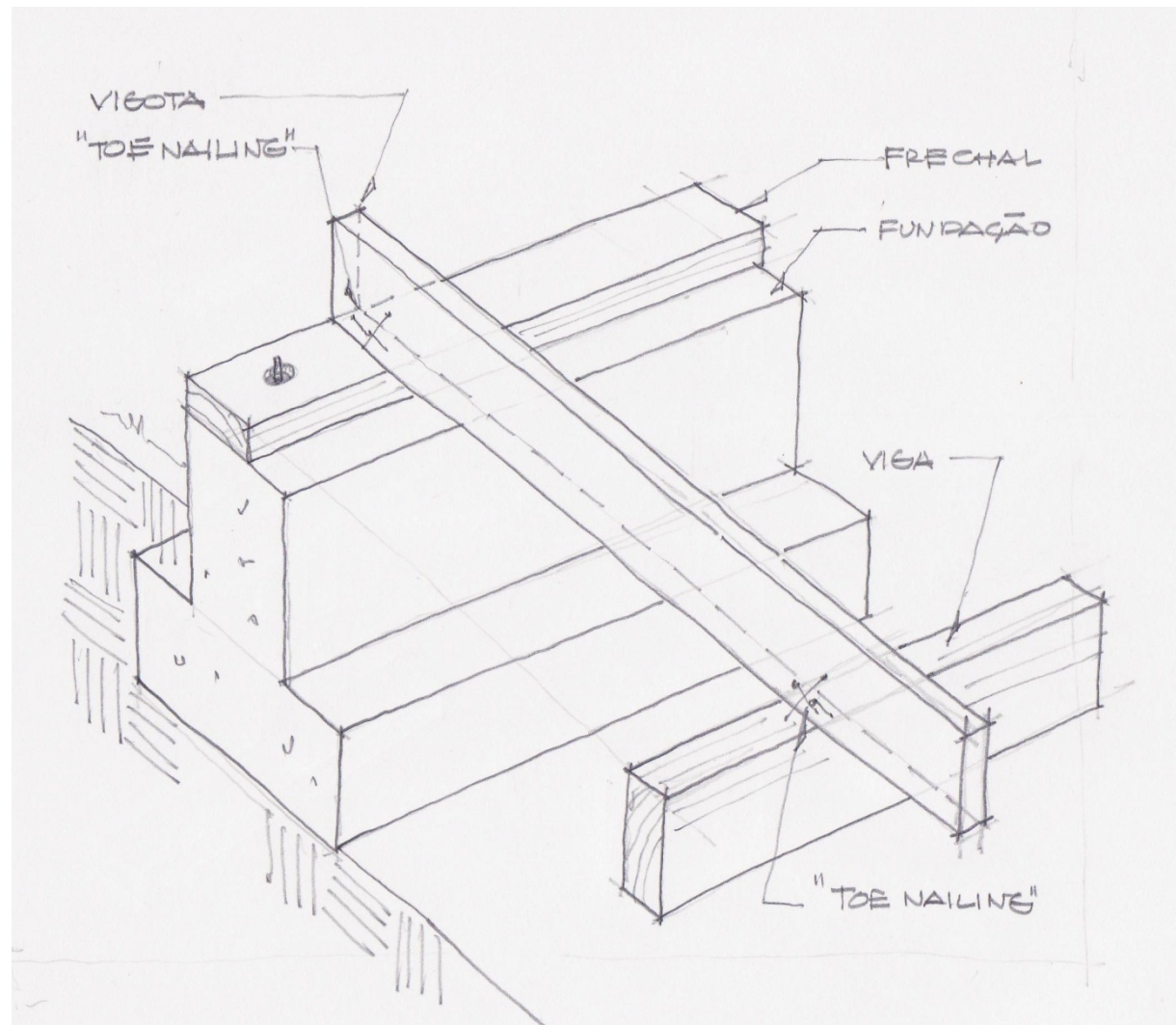


Fig. 11-34 Pregagem entre vigota e frechal ou viga. (des. autor)

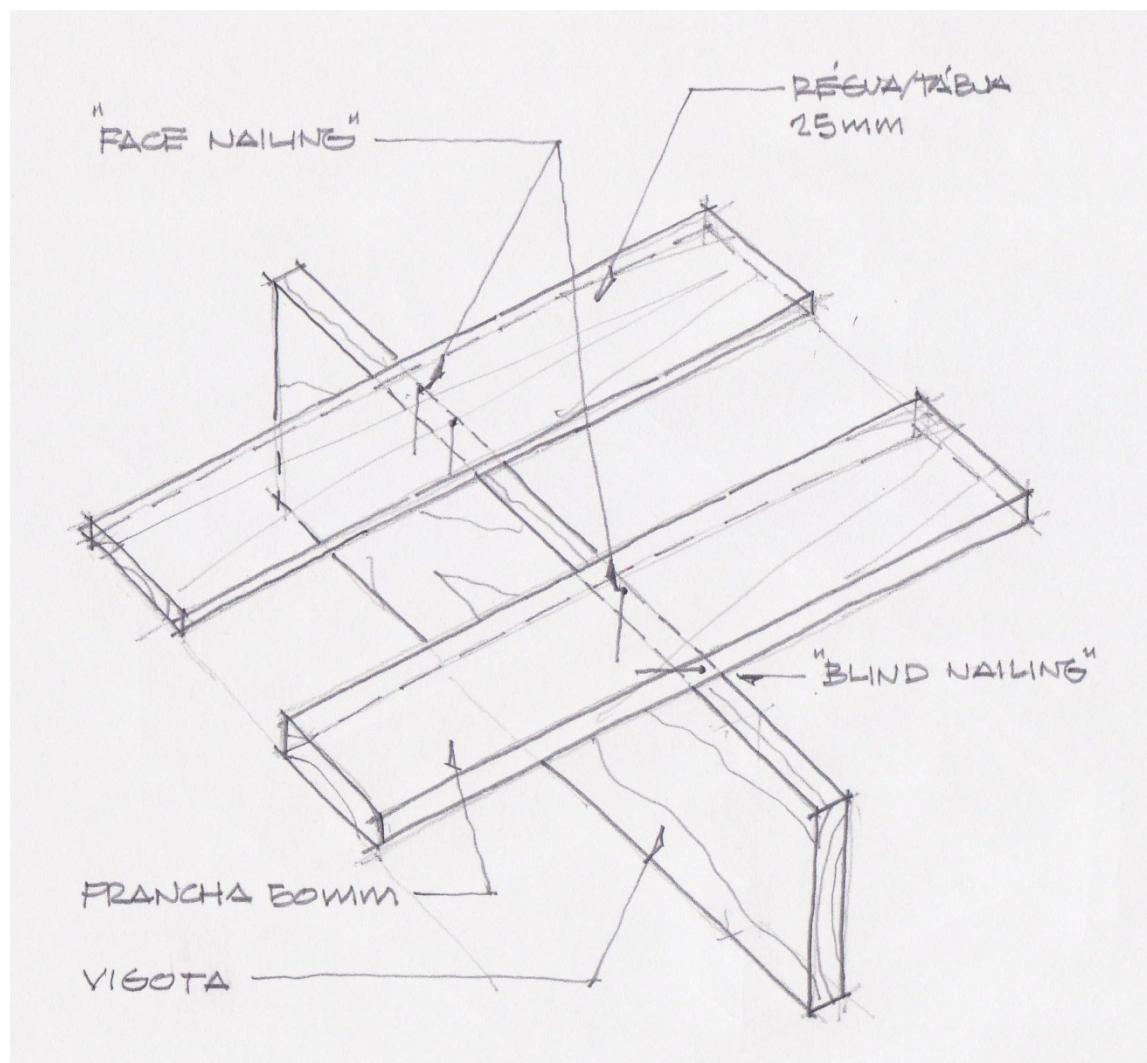


Fig. 11-35 Pregagem entre réguas e prancha a vigotas. (des. autor)

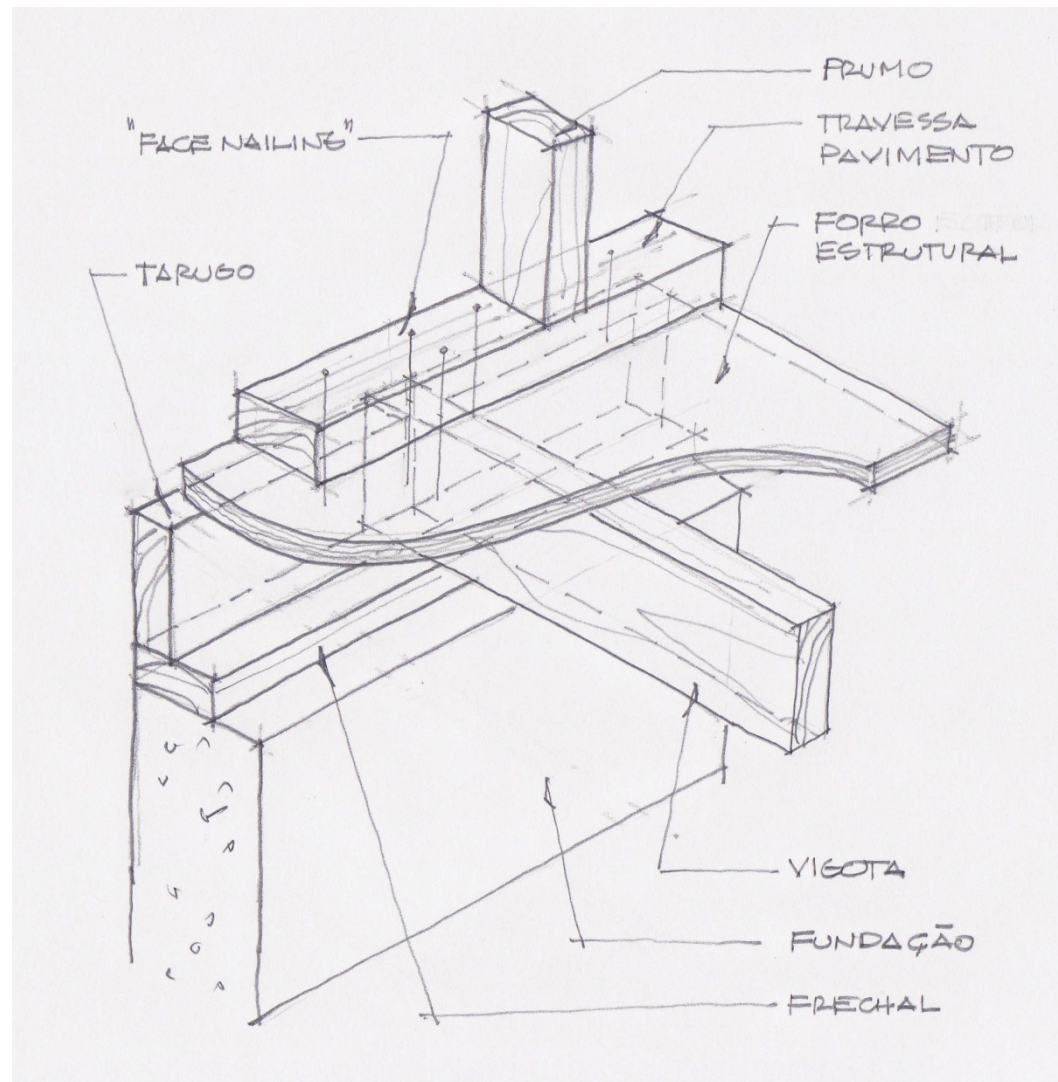


Fig. 11-36 Pregagem da travessa de pavimento a vigotas e tarugos. (des. autor)

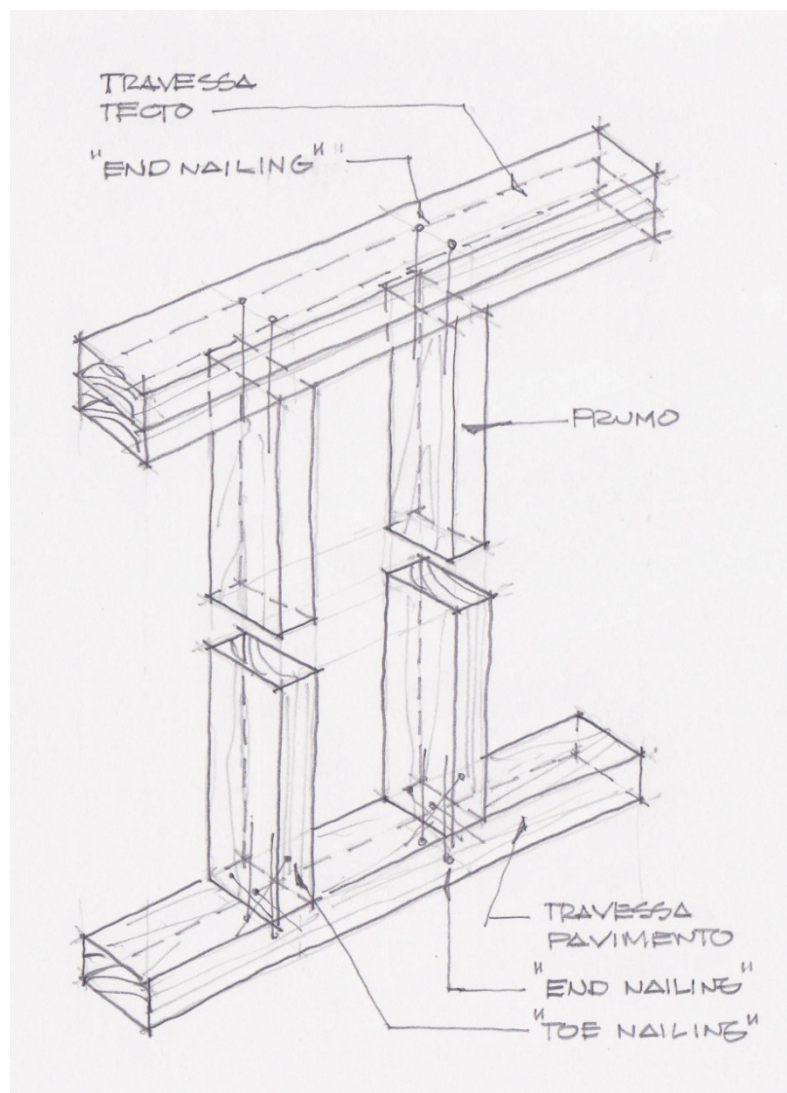


Fig. 11-37 Pregagem de travessas a prumos. (des. autor)

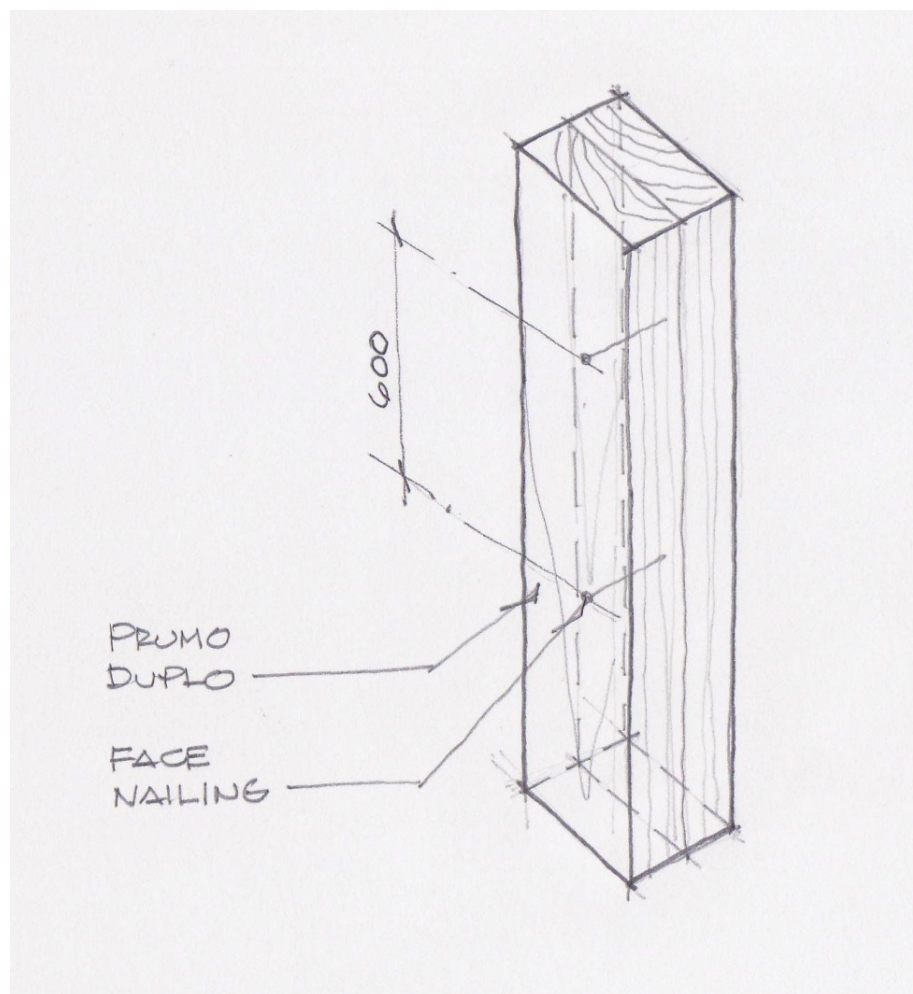


Fig. 11-38 Pregagem de prumos duplos. (des. autor)

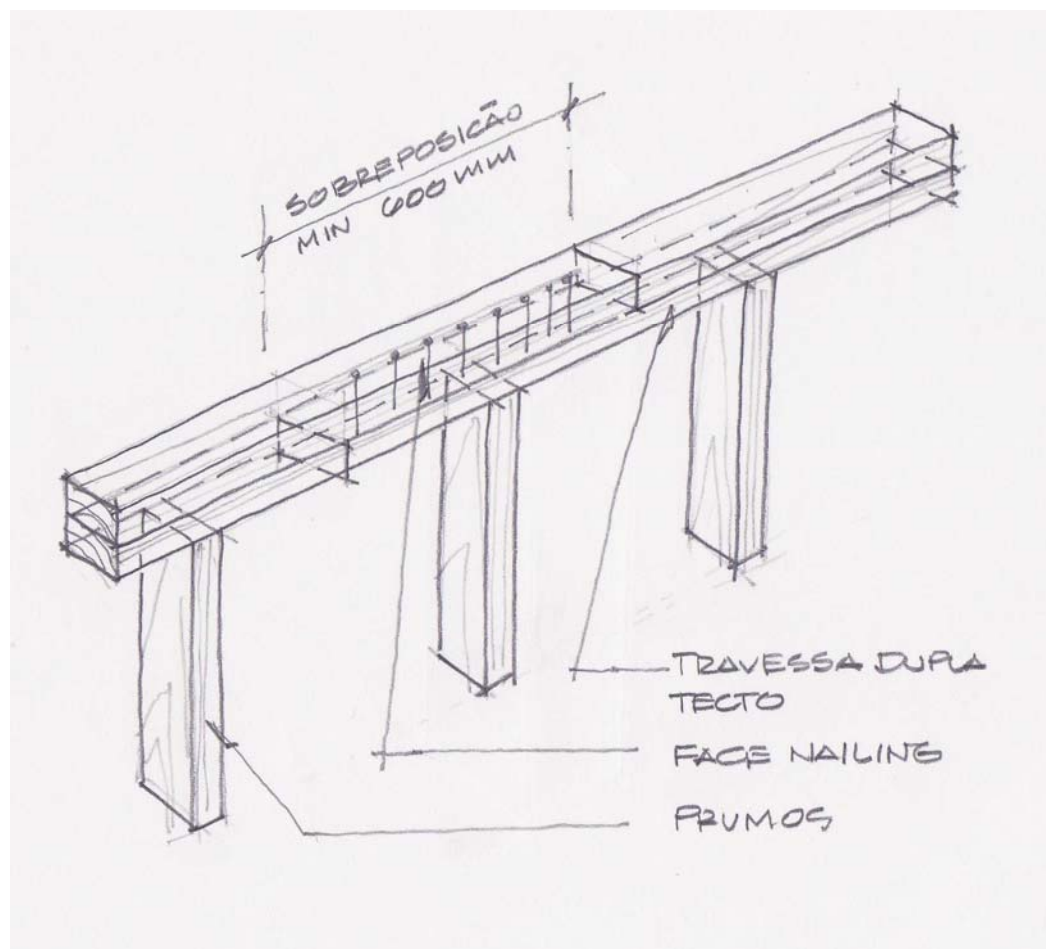


Fig. 11-39 Pregagem das régua da travessa dupla de tecto. (des. autor)

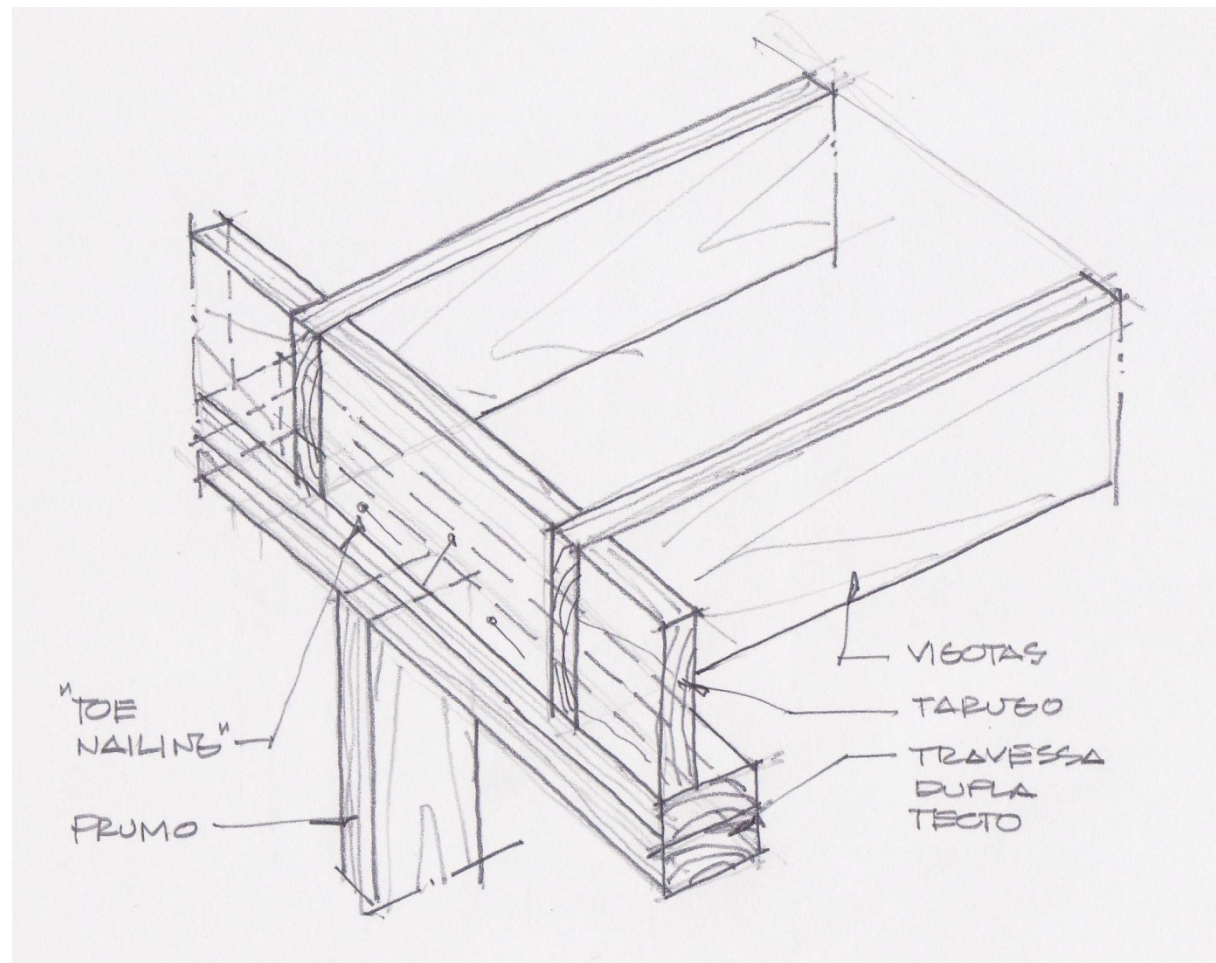


Fig. 11-40 Pregagem de tarugos a travessa de tecto. (des. autor)

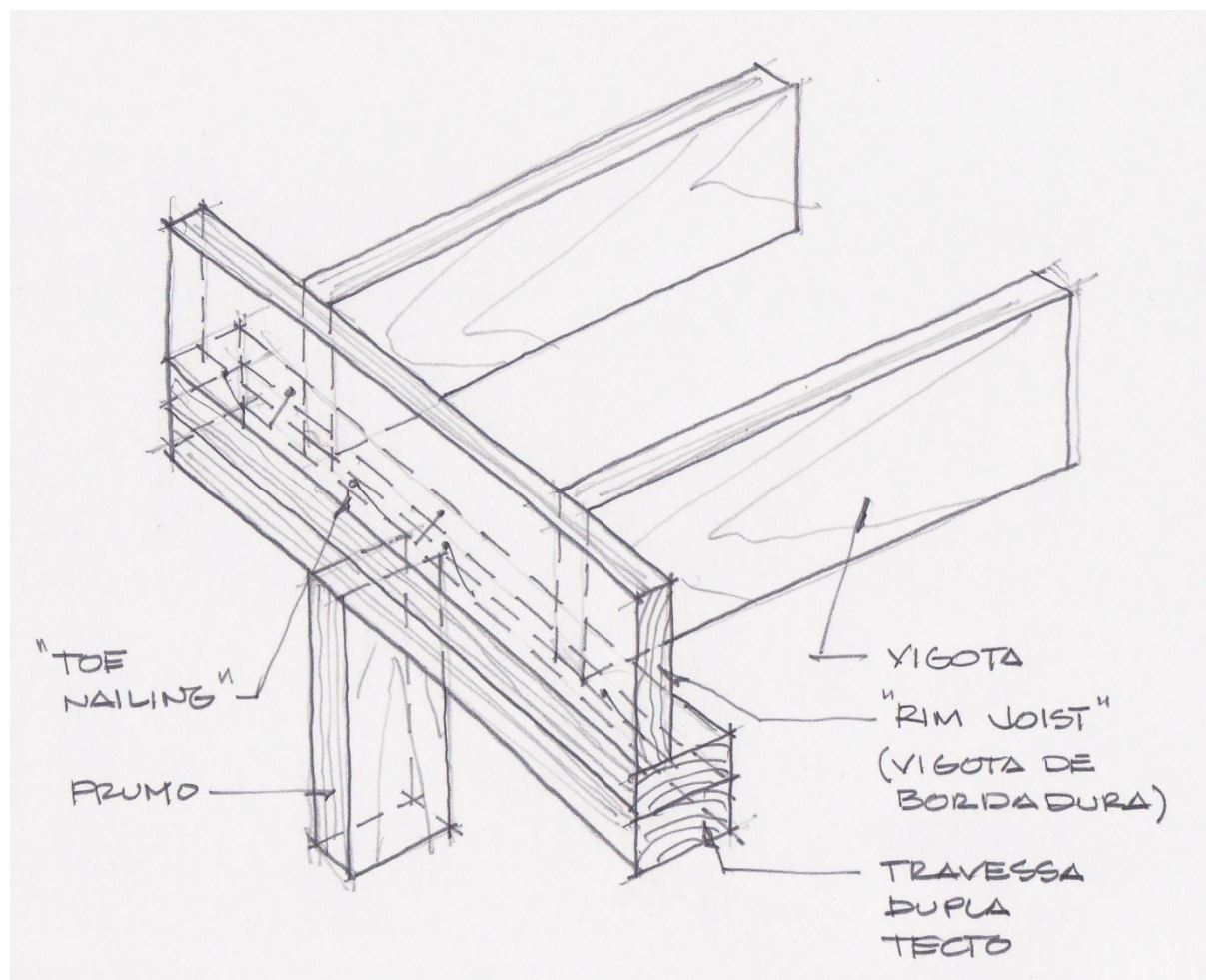


Fig. 11-41 Pregagem de vigota de bordadura a travessa dupla de tecto. (des. autor)

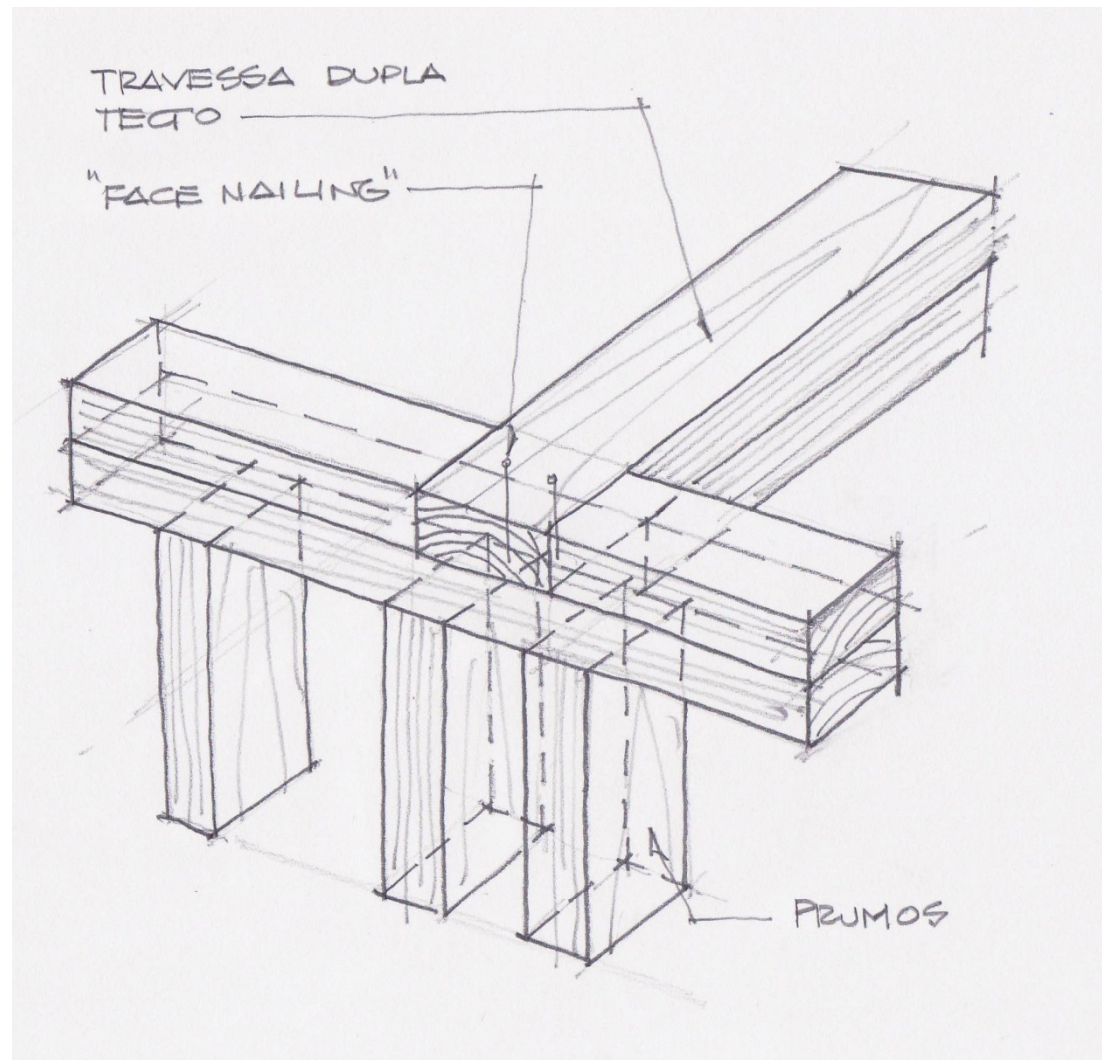


Fig. 11-42 Pregagem da travessa dupla de tecto em intersecção de paredes. (des. autor)

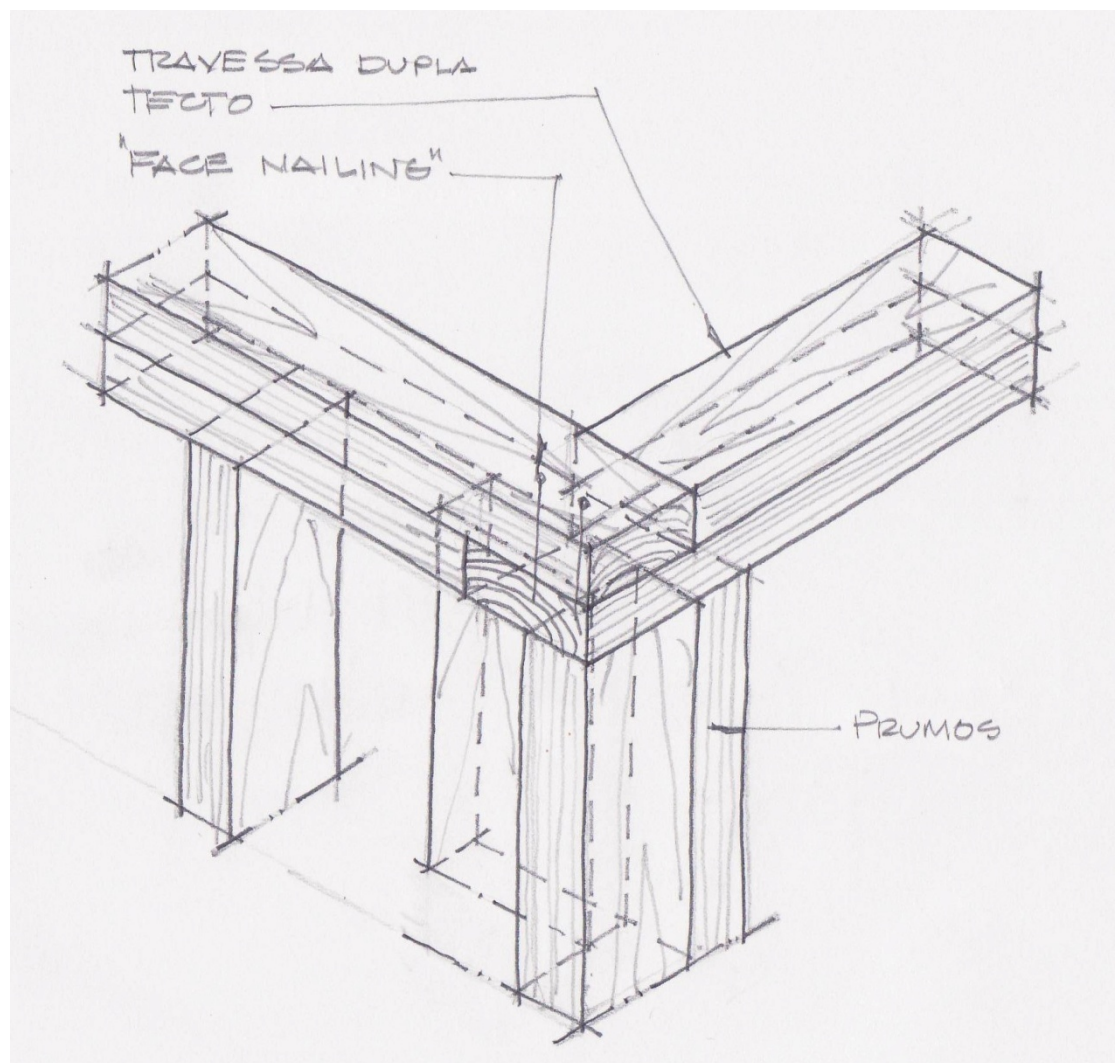


Fig. 11-43 Pregagem de travessa dupla de tecto no cunhal. (des. autor)

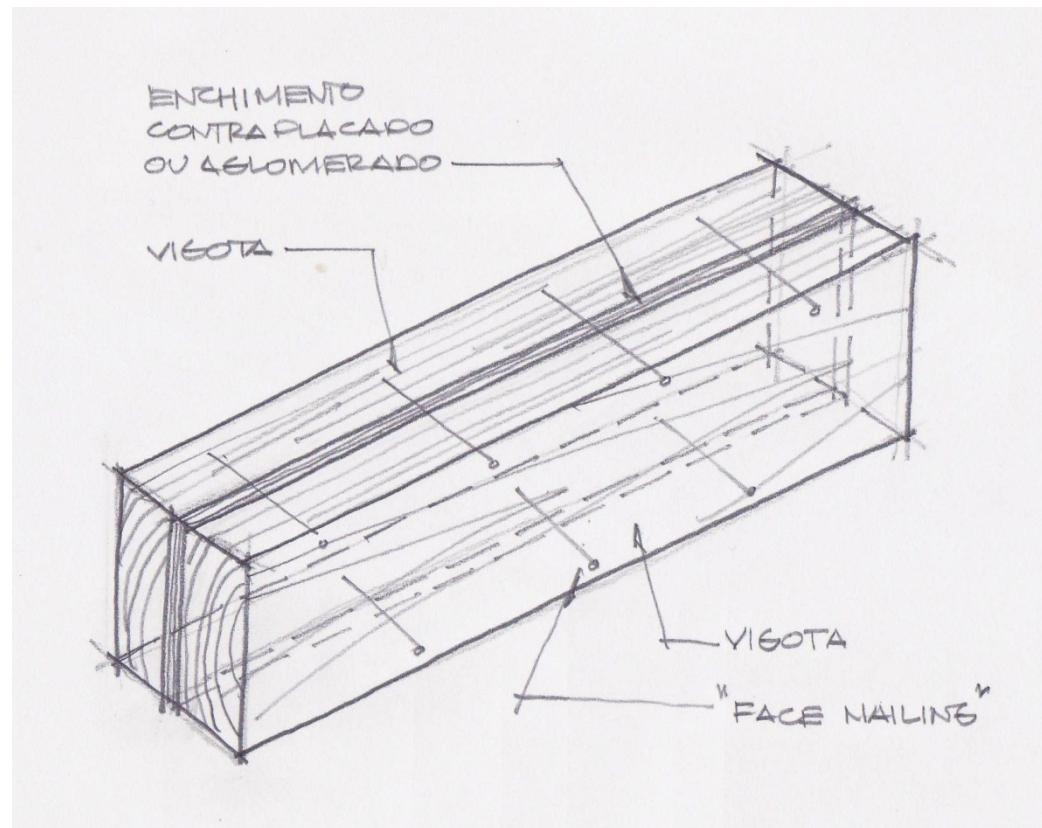


Fig. 11-44 Pregagem de viga composta com espaçador maciço. (des. autor)

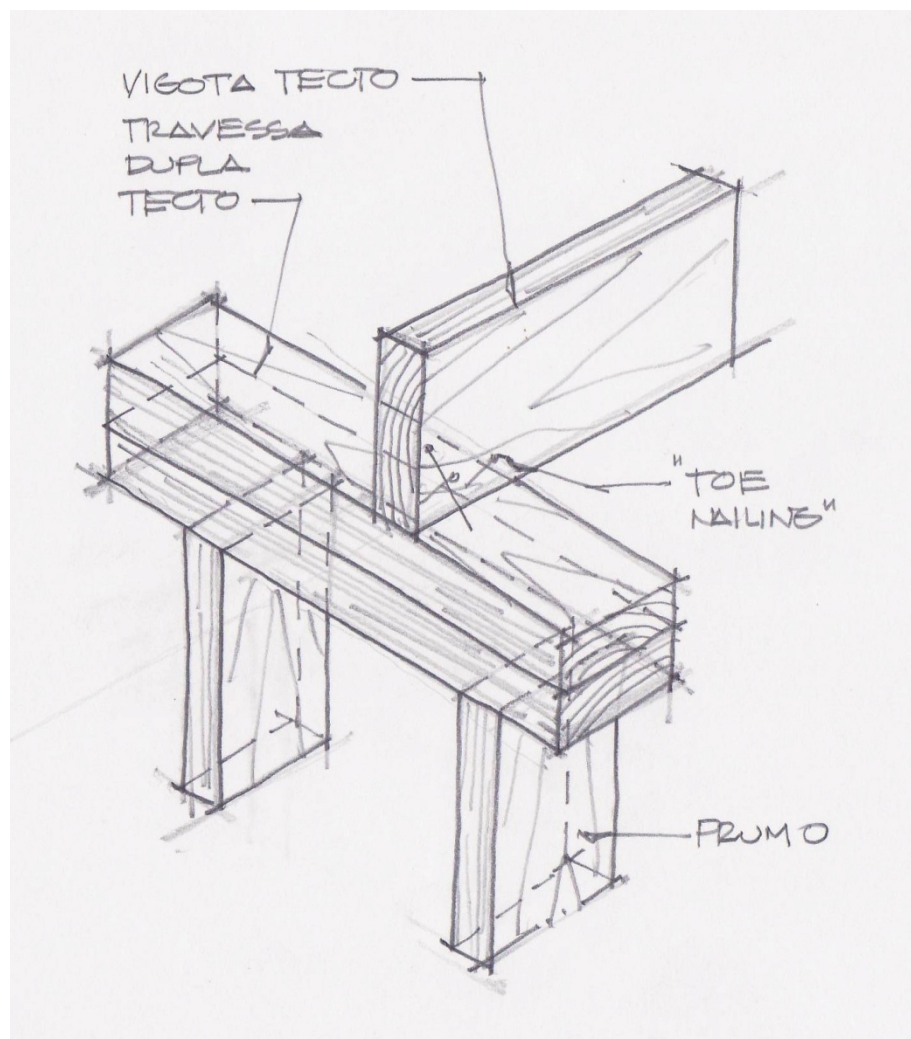


Fig. 11-45 Pregagem de vigota a travessa dupla de tecto. (des. autor)

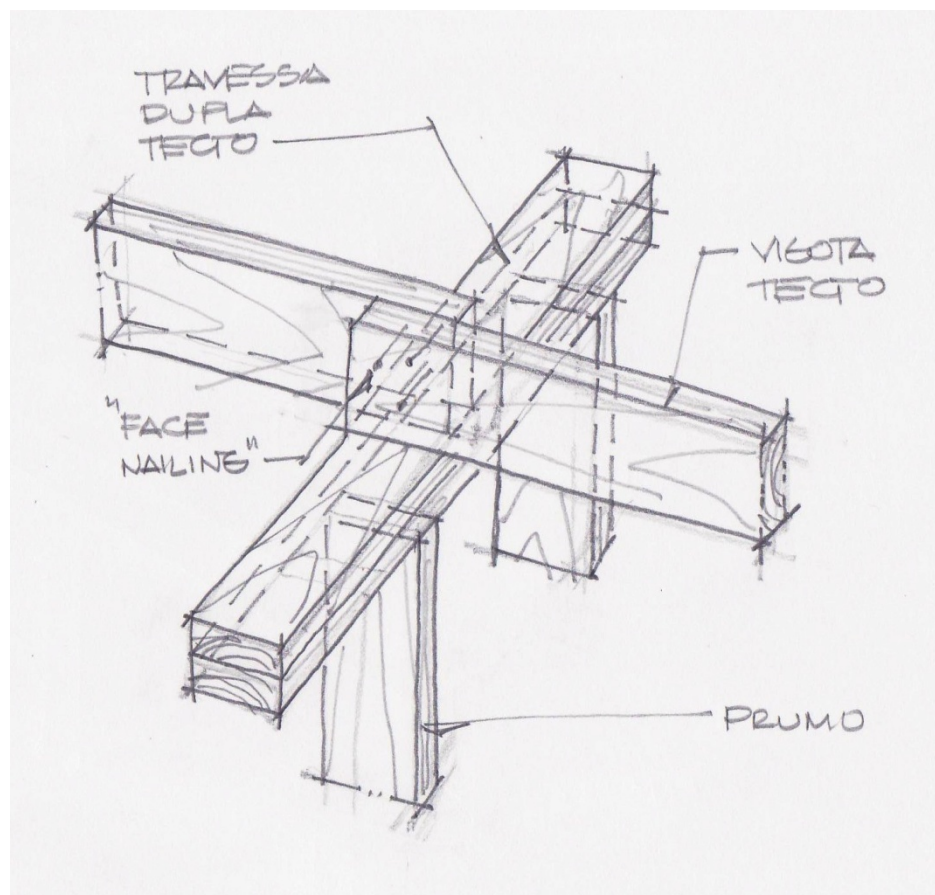


Fig. 11-46 Pregagem entre vigotas sobre apoio intermédio. (des. autor)

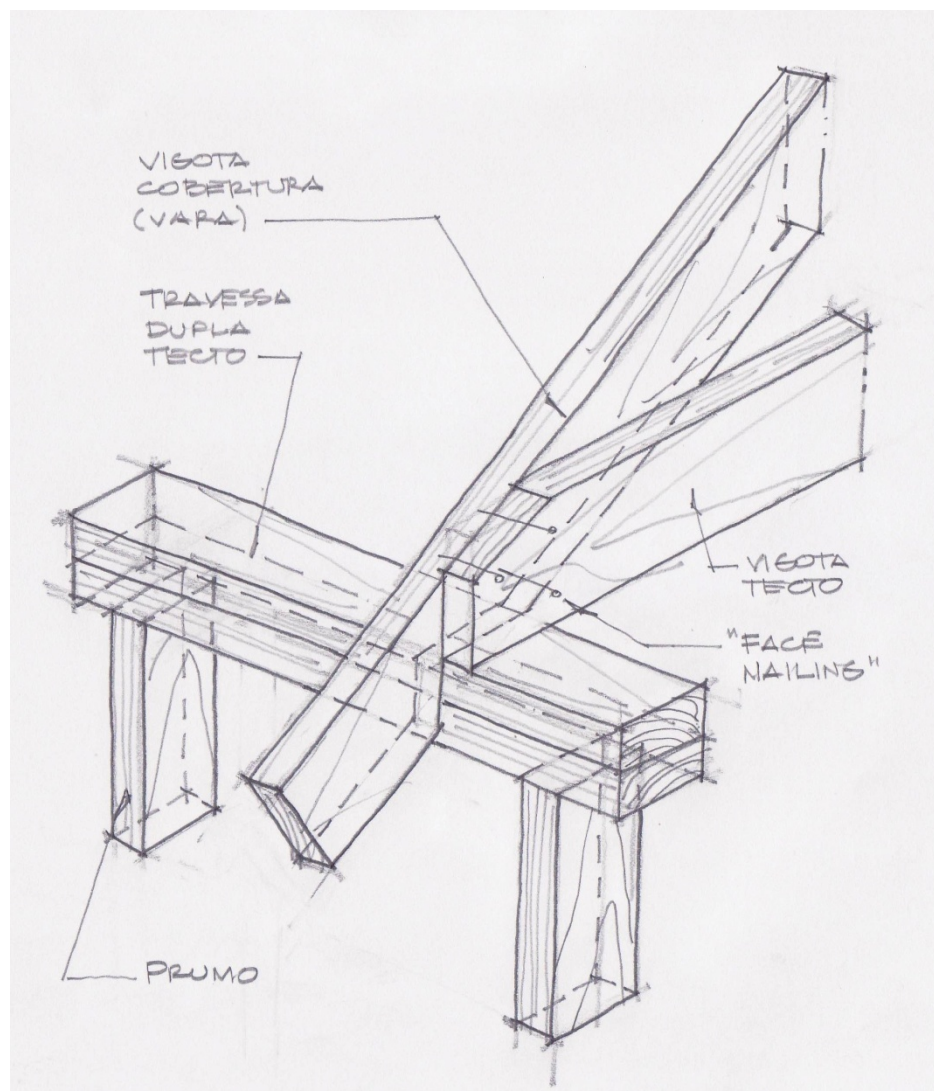


Fig. 11-47 Pregagem entre vigotas de cobertura e tecto sobre apoio em parede exterior. (des. autor)

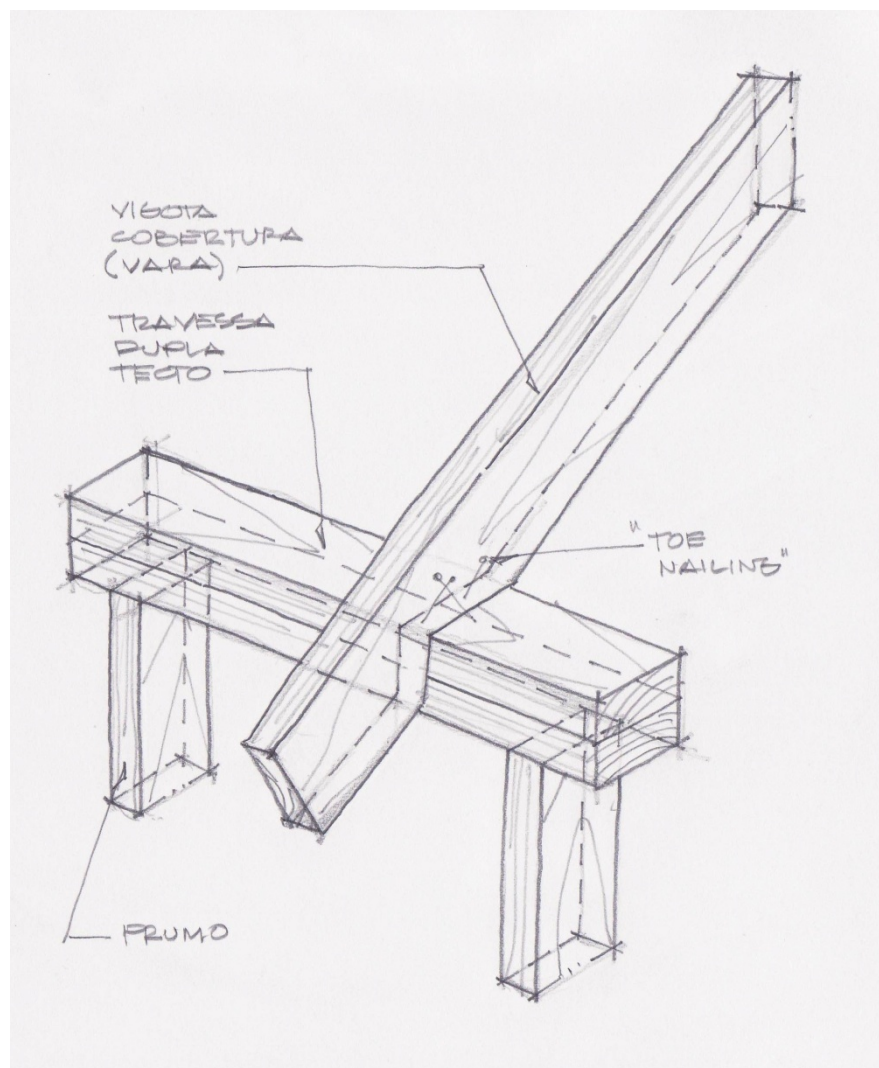


Fig. 11-48 Pregagem de vigota de cobertura a apoio em parede exterior. (des. autor)

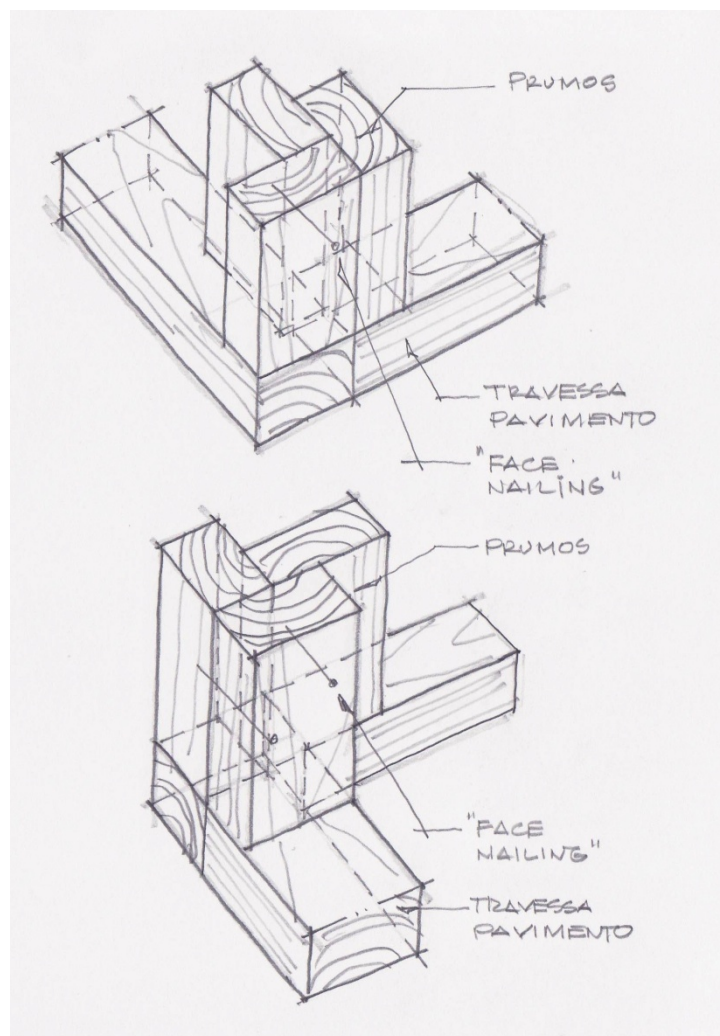


Fig. 11-49 Pregagem entre prumos no cunhal. (des. autor)

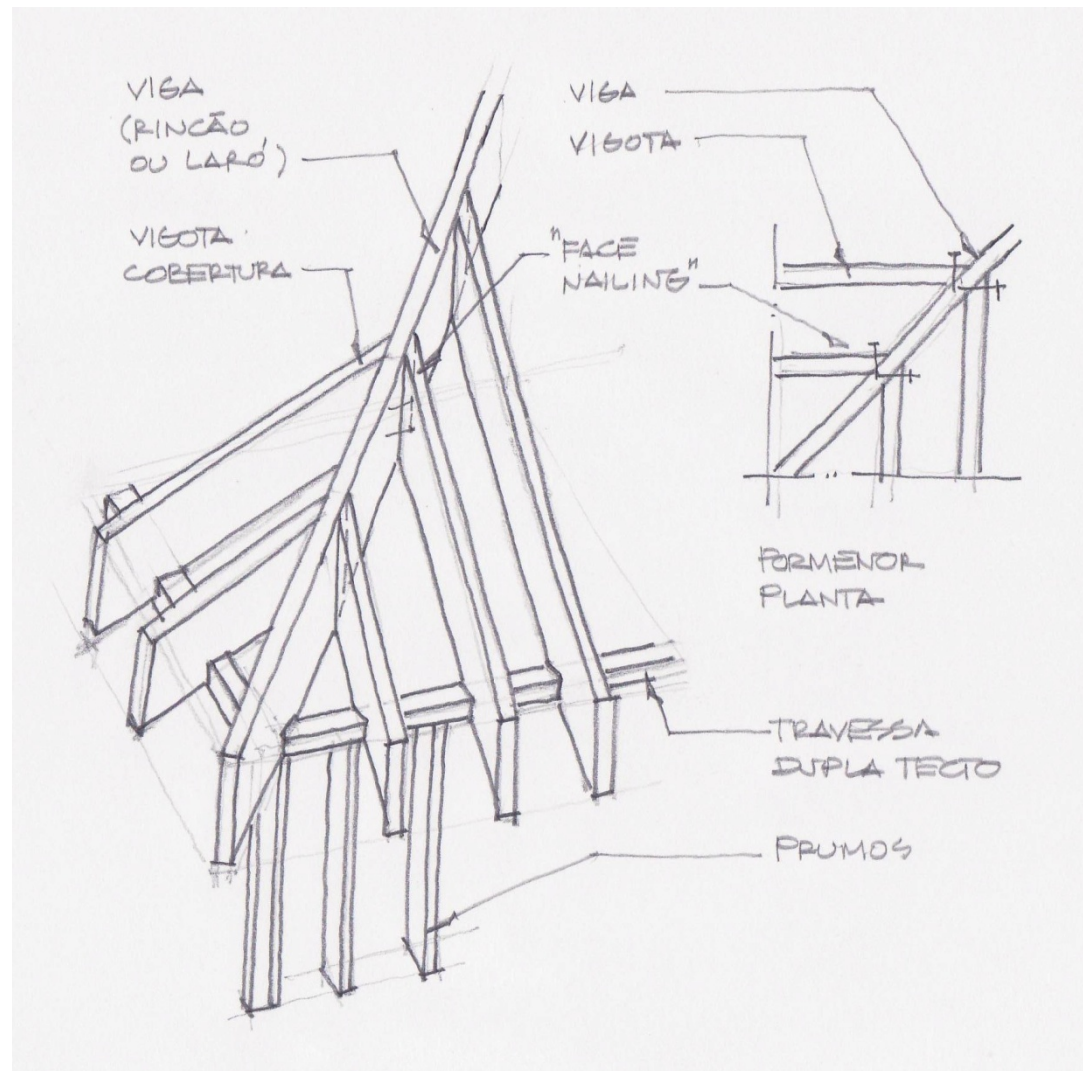


Fig. 11-50 Pregagem de vigotas de cobertura ao laró ou rincão. (des. autor)

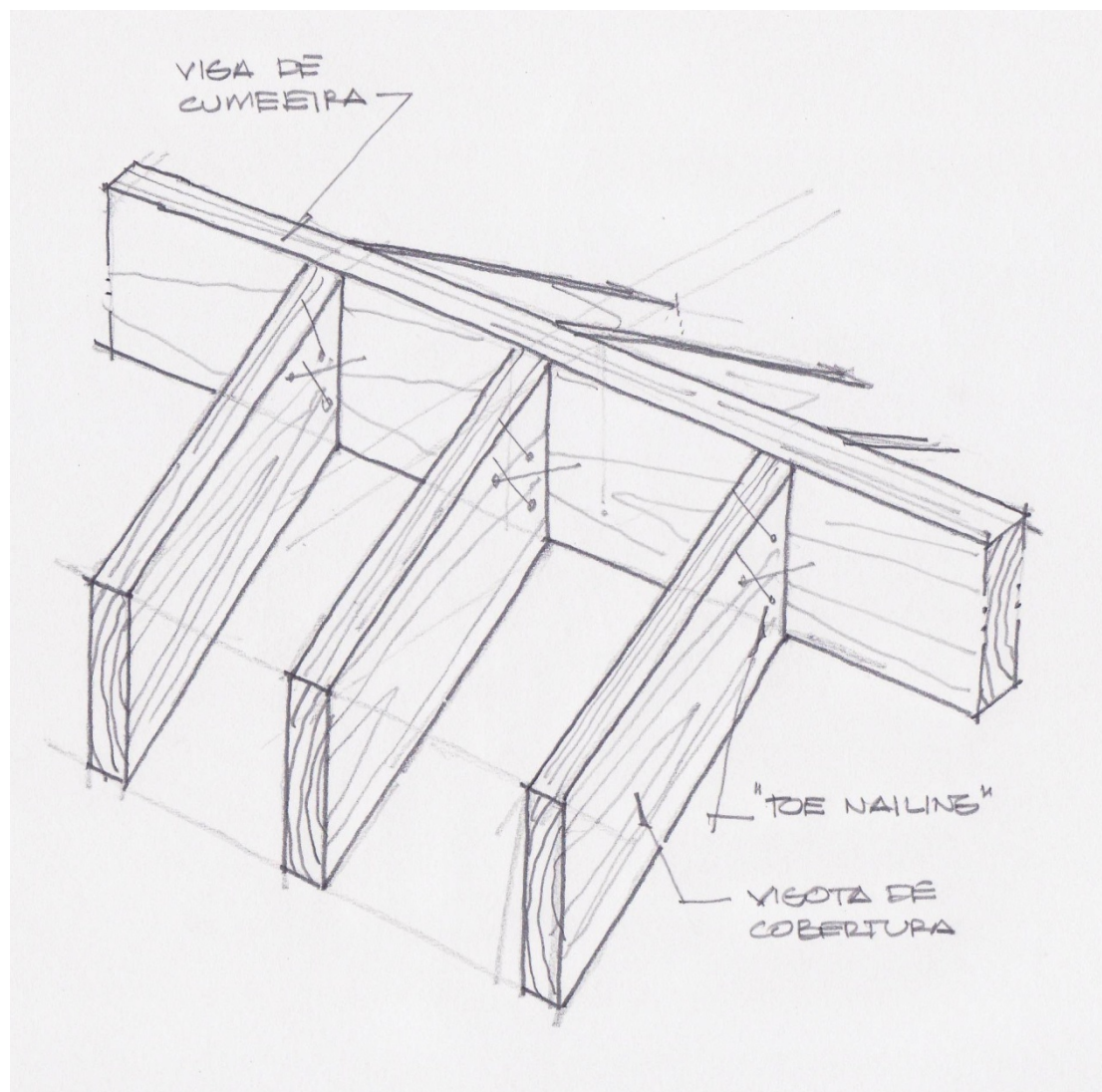


Fig. 11-51 Pregagem entre vigotas de cobertura e cumeeira. (des. autor)

Mapa de pregagem para materiais de estrutura					
	Descrição de materiais de construção	Pregos		Espaçamento (mm)	
				Nos cantos e topos	Nos apoios intermédios
Paineis de uso estrutural de contraplacado em pavimento, cobertura e em paredes directamente aos prumos (classe 2 e 3); paineis de particulas em forro estrutural de paredes aplicado directamente aos prumos					
	8 a 12mm	Pavimento e paredes		150	300
		Cobertura			
		50	X 2,9		
		65	X 3,3	150	300
	15 a 25 mm	65	X 3,3	150	300
	28 a 32mm	75	X 3,8	150	300
Outros revestimentos					
	Paineis de fibras de celulose (fiberboard) com 12mm	65	X 3,3	75	150
	Paineis estruturais de fibras de celulose (fiberboard) com 12mm	65	X 3,3	75	150
	Gesso cartonado 12mm	50	X 3,3	100	200
	Gesso cartonado 16mm	65	X 3,3	100	200
Paineis de uso estrutural de contraplacado em pavimento com função de forro estrutural e <i>underlayment</i>					
	20mm ou menor	65	X 3,3	150	300
	22 a 25mm	65	X 3,3	150	300
	28 a 32mm	75	X 3,8	150	300

Fig. 11-52 Mapa de pregagem para materiais de estrutura; adaptado da tabela R602.3.(1) do IRC.

É possível ainda recorrer a outra forma de armar as paredes em situações adjacentes a vãos e que replica o funcionamento de pórtico. Assim, em edifícios de um piso, cada painel deverá ter pelo menos 400 mm de largura e uma altura máxima de 3000 mm. Cada painel deverá ser forrado numa

face com uma camada de forro estrutural pregado com pregos 8d comuns ou pregos galvanizados tipo *box*, de acordo com a figura abaixo.

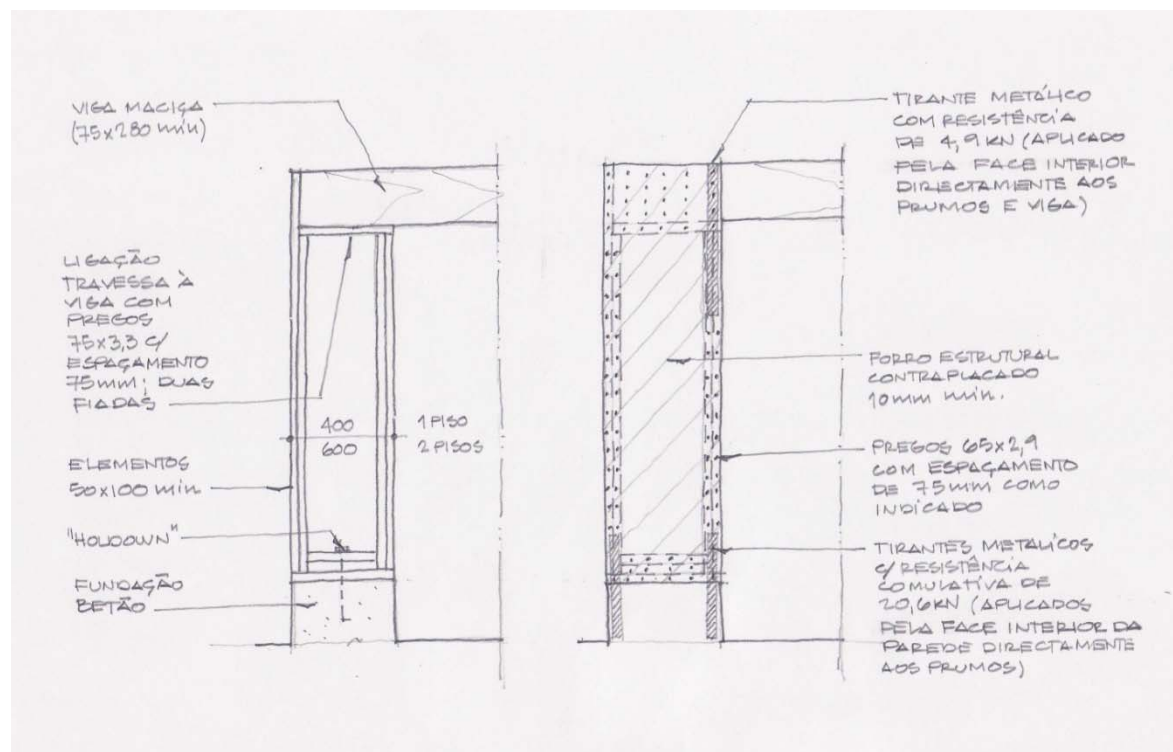


Fig. 11-53 Método alternativo para armação de paredes com funcionamento em pórtico; geralmente utilizadas no vão de acesso a garagem. (des. autor)

O revestimento estrutural deverá sobrepor-se à verga, que deverá ser de madeira maciça, glulam, ou construída a partir de duas vigotas 50x300 mm. A verga deverá prolongar-se até ao primeiro prumo exterior de cada painel, conforme acima ilustrado. O vão da verga, entre os prumos interiores, deverá estar compreendido entre 1800 mm e 5400 mm. Deverá ser aplicado um tirante de chapa

metálica, com uma capacidade de 4,5 kN, a ligar a verga aos prumos duplos interiores de cada painel na face oposta à do revestimento. Deverá ser instalado um *anchor bolt* com 16 mm de diâmetro no centro de cada frechal. Os prumos deverão ter um *tie-down* a cada topo do painel ligado à fundação e com uma capacidade de carga de 18,6 kN. Caso o painel ocorra somente num dos lados da abertura, a verga deverá estender-se até aos prumos duplos de apoio na parede. A verga deverá ser fixada aos prumos com um tirante de chapa metálica com uma capacidade de carga não inferior a 4,5 kN. Os prumos deverão ter também um *tie-down* de ligação à fundação com a mesma capacidade de carga. Os *tie-down* devem ser do tipo de embutir, instalados de acordo com as recomendações do fabricante. A fundação deverá ter um reforço mínimo de um varão de 12 mm em cima e em baixo.

Em situações onde a parede corresponda a uma parede térrea de uma estrutura com dois pisos, o painel deverá ter 600 mm de comprimento no mínimo.

Juntas de painéis

Todas as juntas verticais dos painéis de forro estrutural devem ocorrer ou ser pregadas a prumos. As juntas horizontais deverão ser tarugadas com elementos de espessura mínima de 40 mm e a largura dos prumos.

Ligações

As paredes *shear wall* deverão ser ligadas à armação do pavimento inferior e as travessas de tecto à armação de cobertura ou tecto em cima. Os frechais de fundação deverão ser fixados à fundação com *anchor bolts* como já descrito em cima na parte relativa a fundações. Na condição em que as vigotas de pavimento sejam perpendiculares à parede *shear wall* em cima, as entregas das vigas deverão ser tarugadas no alinhamento da parede. Onde a armação das vigotas do piso seja paralela à parede, deverá ser colocada uma vigota de bordadura no seu alinhamento para permitir a ligação entre a parede e a vigota.

Suporte de *shear walls* interiores

Em edifícios de um piso, as *shear walls* interiores, que não devem exceder um espaçamento de 15000 mm, deverão ser suportadas por fundações corridas interiores. Em edifícios de dois pisos todas as *shear walls* interiores deverão ser suportadas por uma fundação corrida interior. O espaçamento entre *shear walls* interiores poderá ser até 15000 mm em estruturas de dois pisos se, na existência de *cripple walls*, estas não excederem 1200 mm de altura, a parede é suportada por vigotas duplas paralelas à parede ou vigotas tarugadas perpendiculares à parede e o espaçamento entre *shear walls* não é maior do que o dobro da largura do edifício.

Espaçamento de *shear walls*

Em zonas de actividade sísmica, o espaçamento entre *shear walls* não deverá exceder 7600 mm, tanto no sentido transversal como no longitudinal. Em estruturas de um ou dois pisos poderá o espaçamento ser aumentado até 10300 mm para se poder criar uma única sala com um limite de área de 84 m². O espaçamento das outras *shear walls* deverá manter o espaçamento máximo de 7600 mm.

Localização de *shear walls*

Cada alinhamento de *shear walls* deverá ter um troço de parede no seu arranque. A parede poderá começar com um recuo até 2400 mm se for aplicada uma secção de parede com 600 mm de comprimento no cunhal, em ambas as direcções, e o troço de parede mais perto do cunhal tiver um *tie down* com uma capacidade de carga de pelo menos 8 kN.

Colectores (ou *struts*)

Se a *shear wall* for recuada do arranque nas condições mencionadas acima, incluindo uma distância superior a 2400 mm do cunhal, deverá ser introduzido um colector, objecto de cálculo de estabilidade, que ligue os troços de parede.

Forro estrutural de *cripple walls*

Em zonas sísmicas, caso uma *shear wall* seja instalada sem o suporte inferior de uma fundação corrida, o comprimento de *cripple walls* contraventadas de forma a terem um comportamento de *shear wall* deverá ser aumentado em 50% relativamente à tabela da fig 12.30. No caso de o comprimento uma *cripple wall*, contraventada de acordo com o Método 3, não poder ser aumentado, o revestimento estrutural deverá ser pregado na periferia com um espaçamento de 100 mm.

Ancoragem do frechal à fundação de betão

A fixação do frechal à fundação deverá incorporar a aplicação de uma anilha em chapa de aço quadrada com 80 mm de lado e 6 mm de espessura. A chapa poderá ter furo em forma de rasgo com uma largura 5 mm superior à dimensão do varão roscado e 45 mm de comprimento. Neste caso, a aplicação da porca deve ser antecedida pela aplicação de uma anilha normal.

Conexões de *shear walls* interiores

As paredes *shear walls* interiores deverão ser pregadas ao pavimento e cobertura de acordo com a tabela da figura 12.32. As vigotas paralelas com as travessa de tecto deverão ser pregadas (*toe nailing*) com pregos 8d com um espaçamento de 150 mm. As travessas sobreposições entre elementos de uma travessa dupla de tecto deverão ser pregadas com pelo menos oito pregos 16d de cada lado da sobreposição.

Fundações escadeadas

No caso onde a *cripple wall* que liga a fundação ao pavimento acima tenha uma variação em altura maior do que 1200 mm, a sua construção deverá ser de acordo com a figura abaixo.

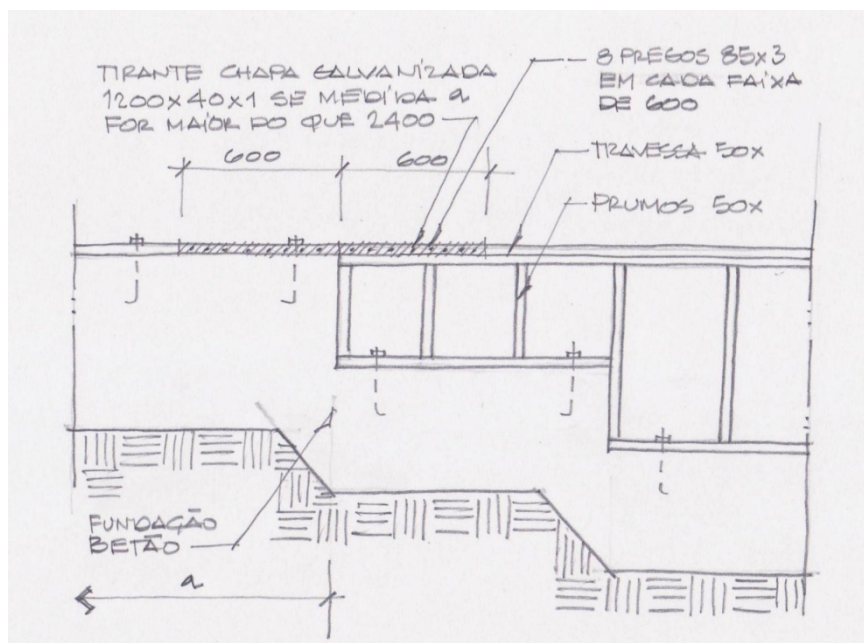


Fig. 11-54 Fundação escadeada. (des. autor)

Um segmento de *shear wall* que apoie sobre um pavimento ligado directamente a um frechal, por si ligado à fundação, com um comprimento mínimo de 2400 mm, poderá ser considerado como estando contraventado. A travessa superior da travessa dupla de topo da *cripple wall* deverá sobrepor-se um mínimo de 1200 mm   fundação mais alta adjacente. Os *anchor bolts* nesse troço deverão estar a um máximo de 300 mm e 900 mm do bordo da fundação, como indicado na figura acima.

11.4.3 Painéis de uso estrutural

Os painéis de uso estrutural deverão ter marca identificando a sua classificação de resistência e utilização. Painéis de contraplacado com uma classificação Norte Americana de *Exposure 1* ou *Exterior* são considerados repelentes à água e, como tal, poderão ser utilizados como acabamento exterior. No caso Europeu, o contraplacado deverá ser da classe 2 ou 3, de acordo com a EN 314-2. O aglomerado de partículas utilizado como forro estrutural deverá ter colas de aplicação exterior M-1 ou M-2 no caso americano ou do tipo 3 de acordo com a EN 312. Os vãos máximos para os painéis serão de acordo com a seguinte tabela.

Vãos máximos permitidos para painéis de forro estrutural			
Classificação do painel	Espessura nominal do painel (mm)	Espaçamento máximo entre prumos (mm)	
		Revestimento pregado a: ^a	
		Prumo	Forro estrutural
12/0; 16/0, ou <i>wall</i> - 16 o.c.; classe 3	8; 10	400	400 ^b
24/0, 24/16; 32/16 ou <i>wall</i> - 24 o.c.; classe 3	10; 12; 15; 16	600	600 ^c
Observações:			
^a . Não é necessário tarugar as juntas horizontais			
^b . Painéis de contraplacado de espessura ≤0,95 cm deverão ser aplicados com a dimensão maior sobre os prumos			
^c . Painéis de contraplacado de três camadas devem ser aplicados com o comprimento perpendicular aos prumos			
Vãos permitidos para forro de aglomerado de partículas			
Espessura (cm)	Classe	Espaçamento entre prumos (mm)	
		Com revestimento pregado aos prumos	Com revestimento pregado ao forro
10	Cola para exteriores M-1; classe 3	400	–
15	Cola para exteriores M-2; classe 3	400	400
Observações:			
Os painéis não podem ficar expostos à intempérie. Quando colodados na horizontal as juntas entre painéis devem ser alternadas. A pregagem deve ser feita pelo menos com uma folga de 15mm aos topos e cantos			

Fig. 11-55 Aplicação de forro estrutural, adaptado da tabela 602.3(3) e (4) do IRC.

11.5 Revestimento de paredes

11.5.1 Requisitos gerais

A aplicação de revestimentos deve ter em consideração a sua exposição aos elementos. No caso de chuva e do revestimento estrutural se molhar, a aplicação do revestimento exterior só deverá ser feita após a base estar seca.

11.5.2 Revestimentos interiores

As espessuras de reboco ou estuque interior sobre parede de prumos deverão ser de acordo com a seguinte tabela:

Espessura de reboco e estuque		
Base	Espessura final do estuque desde a face da malha, alvenaria, betão (mm)	
	Estuque	Reboco
Malha distendida	min. 16	min. 16
Malha de arame	min. 16	exterior: min. 22 interior: min. 19
Parede de alvenaria	min. 12	min. 12
Parede maciça de betão	max. 16	max. 22
Tecto maciço de betão	max. 10	max. 12
Revestimento de base de estuque	min. 2	interior: min. 19
Gesso cartonado hidrofugo	–	interior: min. 19 exterior: min. 22

Fig. 11-56 Espessura de reboco e estuque; adaptada da tabela R702.1.(1).

As recomendações da composição para estuque são:

Estuque				
Número de camadas	Aplicação	Base de reboco ou estuque	Volume máximo de inertes por 45kg de estuque (m ³)	
			Areia húmida e solta	Perlite ou Vermiculite
2	Base	Alvenaria	0,1	0,1
3	Primeira	Malha de arame	0,1	0,1
	Segunda	Malha de arame	0,1	0,1
	Primeira e segunda	Alvenaria	0,1	0,1

Fig. 11-57 Estuque; adaptado da tabela 702.1.(2) do IRC.

E as de reboco:

Reboco de cimento Portland						
Volume máximo de inertes por volume de cimento						
	Vol. máx de inertes por volume de cimento	Cimento Portland e cal				
		Vol. máx de cal por vol. de cimento	Vol. máx. de areia por vol. de cimento e cal	Espessura mínima da camada (mm)		
Camadas					Período min. de secagem	Intervalo min. entre camadas
Chapisco	4	3/4	4	10	48 horas	48 horas
Emboço	5	3/4	5	Chapisco e emboço	48 horas	7 dias
Reboco	3	–	3	5		a)

a) em interiores, a camada final pode ser aplicada à base após um período de 48 horas

Fig. 11-58 Reboco de cimento Portland; adaptado da tabela 702.1.(3) do IRC.

Suporte e base para estuque e reboco em paredes e tecto

Reboco e estuque deverão ser de três camadas, se forem aplicados sobre malha distendida ou de duas camadas, se forem aplicados sobre outra base sólida.

Para estuque e reboco com 10 mm de espessura aplicado sobre malha distendida, o espaçamento entre prumos deverá ser de 400 mm. No caso do estuque ou reboco com 15 mm, o espaçamento dos prumos poderá ser de 600 mm. A malha distendida deverá ser aplicada longitudinalmente aos prumos e as juntas verticais entre painéis deverão ser alternadas nos prumos.

Gesso cartonado

A fixação do gesso cartonado deverá ser feita a prumos com pelo menos 50 mm de espessura. Se aplicado sobre outro material como forra, o gesso cartonado poderá ser aplicado sobre fasquias de 25x50 mm, sobre prumos com espaçamento máximo de 600 mm. Os parafusos de fixação de gesso cartonado deverão ser do tipo W ou S (ASTM C 1002) e deverão ter uma penetração mínima na madeira de 16 mm. Os topos de cada placa de gesso cartonado deverão ser sempre suportados em elementos da armação das paredes ou tectos.

Espessuras mínimas e forma de aplicação de gesso cartonado

As espessuras mínimas e forma de aplicação de gesso cartonado em paredes e tectos deverão ser de acordo com a seguinte tabela:

Aplicação e espessuras mínimas de gesso cartonado						
Espessura (mm)	Aplicação	Orientação em relação em relação à armação	Espaçamento máx. entre elementos da armação (mm)	Espaçamento máx. entre ligadores (mm)		Dimensão dos pregos para aplicação a armações de madeira
				Pregos	Parafusos	
Aplicação sem colas						
9	Tecto	Perpendicular	400	170	300	Prego c/ cabeça: Ø 7,5 mm, comp.:32 mm
	Parede	Qualquer	400	200	400	Prego anelado: Ø 2,5 mm, comp.:32 mm
12	Tecto	Qualquer	400	170	300	Prego c/ cabeça: Ø 7,5 mm, comp.:35 mm Prego anelado: Ø 2,5 mm, comp.:32 mm
	Tecto	Perpendicular	600	170	300	
	Parede	Qualquer	600	200	300	
	Parede	Qualquer	400	200	400	

Fig. 11-59 Aplicação e espessuras mínimas de gesso cartonado; adaptado da tabela R702.3.5 do IRC.

Tectos de gesso cartonado com funcionamento em diafragma

Gesso cartonado utilizado em tectos como diafragma deverá ser assente perpendicular ao sentido das vigotas do tecto. As juntas de topo dos painéis, em carreiras de painéis adjacentes, deverão ser desfasadas. Os topos de dois painéis adjacente não deverão ocorrer na mesma vigota. O rácio máximo do diafragma deverá ser 11/2:1 entre elementos resistentes. Os topos dos painéis junto às paredes deverão ser pregados a tarugos, mínimo 50x150 mm, colocados ao baixo para criar uma superfície de pregagem no mínimo com 20 mm.

A capacidade de carga dos diafragmas de gesso cartonado aplicado em tectos será de acordo com a tabela:

Capacidade de corte em diafragmas de gesso cartonado em aplicações de tectos horizontais			
Espessura min.do gesso cartonado (mm)	Espaçamento máx. dos elementos da armação (mm)	Capacidade de carga (kN/ml)	Dimensão min. do ligador
12	400	1,3	Prego c/ cabeça: Ø 6 mm, comp.:41 mm
12	600	1,0	Prego c/ cabeça: Ø 6 mm, comp.:41 mm

Fig. 11-60 Capacidade de corte em diafragmas de gesso cartonado em aplicações de tectos horizontais; adaptado da tabela R702.3.7 do IRC.

Gesso cartonado hidrófugo

A base de aplicação de azulejo deverá ser gesso cartonado hidrófugo. Gesso cartonado hidrófugo não deverá ser utilizado em aplicações onde esteja sujeito a contacto directo com água, como em paredes de chuveiro, nem deverá ser montado por cima de qualquer folha retardadora de vapor.

Painel de cimento

O painel de cimento deverá ser utilizado como base nas aplicações onde a parede entre em contacto directo com a água como em paredes de chuveiros.

Telhas de madeira (*shakes and shingles*)

Telhas de madeira poderão ser aplicadas directamente sobre prumos com um espaçamento máximo de 600mm. Quando a fixação das telhas for feita por pregagem, cada telha deverá ter, pelo menos, dois pregos colocados para que a camada seguinte os cubra. Quando as telhas forem colocadas sobre ripado, as ripas deverão ter 25x50 mínimo e um espaçamento em função da exposição pretendida.

11.5.3 Revestimentos exteriores

Os revestimentos exteriores deverão criar uma barreira à intempérie. As paredes exteriores deverão ser projectadas para evitar a acumulação de água no seu interior. Em situações onde a parede tenha uma forra exterior, deverá ser colocada uma barreira impermeável para prevenir as infiltrações. A barreira deverá ser permeável ao vapor de água e ser colocada de uma forma que permita a drenagem da água de uma eventual infiltração. As paredes exteriores deverão ser projectadas para que não exista condensação intersticial.

Barreira impermeável

A solução standard de aplicação da barreira impermeável consiste na aplicação de uma camada de feltro betuminoso¹ entre o forro exterior e a sua base. A aplicação de outros materiais é permitida uma vez que o seu funcionamento seja similar. O feltro deve ser aplicado na parede, de baixo para cima, para que as camadas sucessivas possam ser sobrepostas pelo menos 50 mm. Os topos do feltro deverão ser também sobrepostos pelo menos 150 mm. A aplicação do feltro deve cobrir a parede na sua totalidade.

Forro de madeira, *hardboard* ou painéis estruturais

As juntas verticais do material de forro deverão coincidir com os prumos, salvo se colocado por cima de um revestimento estrutural. Os topos dos elementos de revestimento deverão ter uma junta que impeça a passagem de água, como por exemplo, à meia esquadria, ou serem cobertos com uma fasquia. As juntas horizontais entre elementos de revestimento deverão ter uma sobreposição de 25 mm, terem junta à meia esquadria ou semelhante ou terem um remate metálico em Z. As juntas horizontais deverão, também, ser coincidentes com tarugos ou outro tipo de apoio caso não corram por cima de revestimento estrutural.

¹ O feltro betuminoso especificado na legislação Americana é do tipo 1, Nº 15, de acordo com a norma ASTM D 226; o feltro betuminoso consiste numa película de material orgânico como fibra de celulose ou juta, impregnado com uma emulsão betuminosa. O feltro é microperfurado para permitir a saída de vapor, tendo no entanto um comportamento impermeável à água devido a questões de tensão superficial.

Réguas de revestimento exterior

As réguas de revestimento exterior deverão, como mencionado, sobrepor-se 25 mm. Caso as arestas estejam boleadas, a sobreposição poderá ser reduzida para 13 mm. Os topos das réguas deverão ser selados com mastic, cobertos com fasquia ou selado com remate metálico.

Fixação dos revestimentos

A fixação dos revestimentos exteriores deverá ser de acordo com a tabela:

Revestimento exterior e espessuras mínimas								
Material de revestimento	Esp. nominal (mm)	Trat. da junta	Barreira resistente à água	Tipo de suporte para o material de revestimento e fixações				
				Forro de painéis estruturais	Painel de aglomerado de fibras	Gesso cartonado	Direct. aos prumos	Número ou espaçamento das fixações
Tijolo de burro	50		Sim	Ver desenho				
Contraplacado (classe 3)	10	-	Sim	Pregos 50x2,5mm	Pregos 65x2,8mm	Pregos 50x2,5mm	Pregos 50x2,5mm	150mm ao eixo no topos e cantos e 300 ao eixo nos apoios intermédios
Réguas com junta bate e espera	16	a)	Sim	Penetração mínima dos pregos 25mm			Pregos 65x2,8mm	Face <i>nailing</i> com um prego por régua por apoio para réguas até 150mm; para réguas 200mm e superiores 2 pregos por apoio
Réguas com junta macho fêmea	22	a)	Sim					
Painéis de aglomerado de partículas com cimento	8	b)	Sim	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	150mm ao eixo no topos e cantos e 300 ao eixo nos apoios intermédios
Réguas de aglomerado de partículas com cimento	8	c)	Sim	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	Pregos 50X2,9 galv.	Dois pregos por prumo
a) Sobreposição b) Painéis devem ser instalados com o comprimento paralelo aos prumos. As juntas verticais devem ocorrer sobre prumos e serem seladas com mastique ou recobertas com mata juntas. Juntas horizontais devem ser providas de remate metálico tipo Z e tarugadas a tardoz c) As réguas devem ter uma sobreposição mínima de 35mm e terem os topos selados com mastique, rematados com mata junta ou ocorrerem sobre remate metálico.								

Fig. 11-61 Revestimento exterior e espessuras mínimas; adaptado da tabela R703.4 do IRC.

Telhas de madeira (*wood shakes and shingles*) e telhas de painel de cimento

As telhas de madeira deverão ser aplicadas em camada simples ou duplas por cima de painéis com 13 mm de espessura ou recorrendo a ripado com elementos de 25x75 mm mínimo. A fixação do ripado será feita com pregos 7d aos prumos. A distância entre ripas será em função da exposição das telhas. O intervalo para dilatação entre telha do tipo *shingle* não deverá exceder 6 mm e do tipo *shake* 13 mm. A distância mínima entre intervalos de telha de camadas adjacentes será de 40 mm. Cada telha deverá ter, pelo menos, dois pregos de fixação com um mínimo de penetração de 13 mm no ripado ou revestimento de base. Os pregos deverão ser alumínio, aço inoxidável, ou zincados. A fiada de arranque das telhas deverá ser dupla. A área de exposição para as telhas de madeira será de acordo com a tabela:

Exposição de telhas de madeira (shingles e shakes) em parede exteriores			
	Comprimento (mm)	Exposição para camada simples (mm)	Exposição para camada dupla (mm)
<i>Shingles</i>	400	190	300
	450	220	350
	600	290	400
<i>Shakes</i>	450	210	350
	600	290	450

Fig. 11-62 Exposição de telhas de madeira em parede exteriores; adaptado da tabela R703.5.2

Reboco exterior

A rede de armação do reboco e os respectivos elementos de fixação deverão ser de materiais contra a corrosão. A fixação da rede metálica deve ser feita com pregos de 40 mm com uma cabeça de 11 mm ou com agrafos de 22 mm de comprimento, 16 *gage*, com um espaçamento máximo de 150 mm. O reboco de cimento *portland* deverá ser de três camadas aplicado por cima da rede metálica. O

reboco não se deverá estender para além da rede ou remates metálicos. A composição do reboco será de acordo com a tabela da Fig. 11-63

O topo inferior do reboco deverá ser finalizado com perfil de chapa quinada perfurada (*weep screed*) com 0,5 mm de espessura e 90 mm de gola. A chapa de remate poderá prolongar-se para baixo da cota do topo da fundação até uma distância mínima de 100 mm ao solo ou 50 mm a áreas pavimentadas. A parte perfurada da chapa serve para permitir a drenagem do reboco. A barreira impermeável deverá estender-se até ao remate metálico.

Revestimento de alvenaria ou pedra

O revestimento de paredes exteriores com alvenaria de tijolo ou de pedra deverá ser de acordo com a tabela abaixo e não exceder 120 mm de espessura. Em zonas sísmicas, a aplicação de revestimento de alvenaria não deverá ser feita em estruturas com *cripple walls* e as paredes *shear walls* interiores deverão ser todas suportadas por fundação corrida interior. Em zonas de actividade sísmica, o suporte de revestimento de pedra ou alvenaria não deverá ser feito por vigas ou vigotas de madeira.

Limitações e requisitos para revestimento de alvenaria de pedra e tijolo burro (em zona sismica)								
Nº de pisos da estrutura de madeira ^a	Altura máx. do forro de alvenaria acima duma fundação não combustível ou parede de fundação (m)	Espessura nominal máx. do revest. (mm)	Peso máx. do revest. (kN/m ²)	Piso de estrutura de madeira	Quantidade mín. de revest. (% do comprimento da parede <i>shear wall</i>)	Espessura min. de revestimento e ligações	Esforço de derrube por piso <i>paraholdown</i> (tirante metálico) (kN) ^b	Esforço cumulativo de derrube <i>paraholdown</i> (tirante metálico) no piso térreo (kN) ^c
1	6 ^d	75	1,4	térreo	55	Painel estrutural de madeira, de 12 mm, com pregos de 65mm, espaçados a 100mm nos topos e cantos, 300mm nos suportes intermédios. Pregos de	10,2	–
				superior	55		10,2	–
2	6 ^d	75	1,4	térreo	55		17,4	27,6
<p>a. <i>Cripple walls</i> não são permitidas em zona sísmica com forro de alvenaria.</p> <p>b. O esforço de derrube corresponde ao esforço da carga mínimo permitido para o ligador que une o cunhal do piso ao cunhal do piso inferior ou à fundação; nos casos em que os cunhais não se encontrem alinhados, utilizar esforço de</p> <p>c. Nos casos em que os ligadores do piso superior se encontrem alinhados com os dos piso inferior, utilizar os valores do esforço cumulativo para dimensionar os dois ligadores.</p> <p>d. O forro não deverá exceder 6 m acima de uma fundação não combustível, com 2,4 m adicionais permitidos para a parte superior da empena, ou uma altura de 9 m com 2,4 m adicionais para a parte superior da empena, onde os 3 m inferiores</p>								

Fig. 11-63 Limitações e requisitos para revestimentos de pedra e alvenaria de tijolo de burro; adaptado da tabela R703.7.(1) do IRC.

O suporte do revestimento de alvenaria poderá ser feito por perfil L de abas com 150x100 mm e 8 mm de espessura. A fixação do L deverá ser feita a prumos duplos de 50x100 mm com um

espaçamento máximo de 400 mm e através de dois parafusos sextavados de 10 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. A alvenaria deverá assentar no mínimo 2/3 sobre o perfil L. A altura máxima do pano suportado pelo L será de 3800 mm.

O revestimento de alvenaria não deverá suportar outras cargas para além do peso próprio. O pano de alvenaria deverá ser travado por ligadores metálicos de chapa metálica com 0,7 mm de espessura ou varão de aço electrosoldado com 4 mm. A caixa-de-ar permitida consoante o ligador será, respectivamente, 25 mm e 110 mm. O espaçamento dos ligadores deverá não exceder 600 mm na horizontal e vertical ou uma área maior do que 0,25 m². Em aberturas, o espaçamento dos ligadores deverá ser de 300 mm e estar localizado a 300 mm no máximo da abertura.

Vão permitidos para lintéis que suportam revestimentos de alvenaria ^{a.b.c.}				
Dimensão das cantoneiras de aço ^{a.c.} (mm)	Sem piso superior	Com 1 piso superior	Com 2 pisos superiores	Nº de varões de aço de 12 mm ou equivalente ^{c.}
75 x 75 x 6	1,80 m	1,40 m	0,90 m	1
100 x 75 x 6	2,45 m	1,80 m	1,40 m	1
125 x 75 x 8	3,00 m	2,45 m	1,80 m	2
150 x 90 x 8	4,25 m	2,90 m	2,10 m	2
2 - 150 x 90 x 8	6,10 m	2,65 m	2,90 m	4
<p>a. O lado mais longo do ângulo deverá ser posicionado na vertical</p> <p>alvenaria oca deverão ser preenchidas com argamassa. Os varões deverão ultrapassar um mínimo de 20 cm no suporte.</p> <p>c. O nº de varões indicado são um exemplo típico adequado, mas poderão ser usados outros membros que cumpram os requisitos estruturais</p>				

Fig. 11-64 Vão permitido para lintéis que suportam revestimentos de alvenaria; adaptado da tabela R703.7.3 do IRC.

Deverá ser colocado um remate metálico por baixo da primeira fiada de alvenaria ou pedra e a uma cota superior à do terreno para permitir a instalação de bueiros com 5 mm de diâmetro mínimo e

800 mm de espaçamento. A construção do pano de alvenaria deverá incorporar remates metálicos para impedir a entrada de água na caixa-de-ar, pelo menos nas seguintes localizações: aberturas, na intersecção com chaminés, em rufos e capeamentos, por cima de cimalthas, no encontro entre alpendres, decks ou escadas com o edifício, nas intercepções entre paredes e cobertura e caleiras.

Isolamento rígido exterior

Na aplicação de sistemas de revestimento de isolamento térmico pelo exterior o revestimento deverá terminar pelo menos a 150 mm do solo. A aplicação deste sistema deverá incorporar uma barreira impermeável entre o isolamento e a base de madeira.

11.6 Armação de coberturas e tectos

11.6.1 Requisitos gerais

Em localizações com solos expansivos ou colapsáveis, as águas da cobertura deverão ser recolhidas em sistema de algeroz e libertas a uma distância de pelo menos 1500 mm das fundações ou directamente num sistema de drenagem de águas pluviais.

11.6.2 Armação de cobertura em madeira

Armação

As varas, ou vigotas de cobertura, deverão ligar-se na cumeeira a uma régua de cumeeira de pelo menos 25 mm de espessura e de largura igual à da altura das varas. Alternativamente, as varas poderão ser unidas por *gusset* ou empalme. Nos larós e rincões, a armação deverá ser feita com uma vigotas de 50 mm, no mínimo, de largura e altura igual à das varas. Em coberturas com declives inferiores a 25%, os elementos de apoio a varas e vigotas de tecto serão considerados vigas.

As varas e vigotas de tecto deverão ser pregadas entre si, de acordo com a tabela abaixo. As pregagens às travessas de tecto deverão ser de acordo com a tabela da figura Fig. 11-32.

Ligações entre vigotas de cobertura e tecto ^{a.b.c.d.e.f.g.}													
Inclinação da cobertura	Espaçamento das vigotas (mm)	Valor da carga da neve no terreno (kN/m ²)											
		1,4				2,4				3,4			
		Vão do telhado (m)											
		3,65	6,10	8,50	10,95	3,65	6,10	8,50	10,95	3,65	6,10	8,50	10,95
		Nº de pregos ^{a.b.} de 9 cm necessário na ligação entre vigotas de cobertura e tecto (no ponto de apoio exterior ^{c.d.e.f.})											
11°	300	4	6	8	11	5	8	12	15	6	11	15	20
	400	5	8	11	14	6	11	15	20	8	14	20	26
	600	7	11	16	21	9	16	23	30	12	21	30	39
15°	300	3	5	6	8	4	6	9	11	5	8	12	15
	400	4	6	8	11	5	8	12	15	6	11	15	20
	600	5	9	12	16	7	12	17	22	9	16	23	29
18°	300	3	4	5	7	2	5	7	9	4	7	9	12
	400	4	5	7	9	4	7	9	12	5	9	12	16
	600	5	7	10	13	6	10	14	18	7	13	18	23
26°	300	3	3	4	5	3	4	5	7	3	5	7	9
	400	3	4	5	6	3	5	7	9	4	6	9	11
	600	3	5	7	9	4	7	10	13	5	9	13	17
33°	300	3	3	3	4	3	3	4	5	3	4	5	7
	400	3	3	4	5	3	4	5	7	3	5	7	9
	600	3	4	6	7	3	6	8	10	4	7	10	13
Continua													

Ligações entre vigotas de cobertura e tecto ^{a.b.c.d.e.f.g.} (Cont.)													
Inclinação da cobertura	Espaçamento das vigotas (mm)	(kN/m ²)											
		1,4				2,4				3,4			
		Vão do telhado (m)											
		3,65	6,10	8,50	10,95	3,65	6,10	8,50	10,95	3,65	6,10	8,50	10,95
		Nº de pregos ^{a.b.} de 9 cm necessário na ligação entre vigotas de cobertura e tecto (no ponto de											
45°	300	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	5
	400	3	3	3	4	3	3	4	5	3	4	5	7
	600	3	3	4	6	3	4	6	8	3	6	8	10
a. Poderão ser também usados pregos de 4 cm, do tipo box.													
b. No caso de se dobra das pontas dos pregos, poderá haver uma redução de 25% nos requisitos													
c. Estas ligações não são necessárias no caso da cumeeira ser suportado por uma parede portante ou viga de cumeeira													
d. Quando as vigotas são suportadas por um apoio intermédio (pernas e terças) ligado a uma parede portante, os requisitos da tabela podem ser reduzidos proporcionalmente à redução do vão.													
e. Padrões equivalentes aos da tabela aplicam-se às ligações entre vigotas do tecto em apoios intermédios.													
f. No caso de rafter ties (tirantes ou linhas) serem substituídos por por ceiling joists, o requisito para o pregagem deverá ser o de 2/3 do declive real.													
g. Os valores da tabela assumem que as ligações se encontram na base do sótão. Quando estas se encontram acima da base do sótão, as ligações deverão ser aumentadas de acordo com os seguintes factores:													
		H _c /H _g	Factor										
		1/3	1,5		HC : altura das ligações do tecto medida verticalmente acima do topo da parede que suporta a vigota								
		1/4	1,33										
		1/5	1,25										
		1/6	1,2										
		≤ 1/10	1,11		Hg : altura da cumeeira medida verticalmente acima do topo da parede que suporta a vigota								

Fig. 11-65 Ligações entre vigotas de cobertura e tecto; adaptado da tabela R802.5.1.(9)

Vigotas paralelas às varas que apoiem numa parede interior portante deverão sobrepor-se e ser pregadas entre si para manter a continuidade do seu funcionamento como tirante. Quando as vigotas de tecto não se encontrem com as varas no topo da parede exterior, as vigotas deverão ser colocadas a uma cota superior para garantir o funcionamento de tirante. Quando as vigotas de tecto forem perpendiculares às varas, deverão ser colocados tirantes com uma secção mínima de 50 mmx100 mm no terço inferior das varas.¹ Caso as varas não sejam tirantadas, a cumeeira deverá ser suportada por parede portante ou viga (que deverá ser alvo de estudo de estabilidade).

Escoras e terças

A introdução de escoras e terças para redução do vão das varas é permitida, salvaguardando-se que as terças tenham a mesma secção das varas e sejam suportadas por escoras com dimensão mínima de 50x100 mm. As escoras deverão ter um ângulo superior a 45º da horizontal e ser suportadas por parede portantes. A distância máxima entre escoras é de 2400 mm.

Apoio das varas e vigotas de tecto

A profundidade mínima no apoio das varas e vigotas de tecto deverá ser de 40 mm. As varas e as vigotas deverão ser pregadas à travessa de tecto e entre si.

Recortes em elementos da armação da cobertura

Os recortes em elementos de madeira maciça da cobertura não devem exceder 1/6 da altura e não serem de maior desenvolvimento do que 1/3 da altura. A sua execução não poderá ser feita no 1/3 central do elemento. Entalhes nos topos do elemento feitos para apoio não deverão exceder 1/4 da altura. Em elementos com espessura de 100 mm ou maior não deverão ser feitos no lado em tracção, excepto nas entregas. As furações não devem exceder 1/3 da altura e devem manter um

¹ Em zonas de ventos fortes é necessária a colocação de outros tirantes (collar ties) no terço superior das varas para resistir às forças de uplift causadas pelo vento. Estes tirantes têm uma dimensão mínima de 25mmx100mm com um espaçamento máximo de 1200mm.

afastamento de 50 mm à face superior e inferior do elemento. Os recortes e furações em elemento de derivados de madeira deverão ser de acordo com as recomendações do fabricante.

Suporte lateral e tarugos

As varas e vigotas de cobertura que tenham um rácio superior a 5:1 deverão ser tarugadas nas entregas. As varas e vigotas de cobertura que tenham um rácio superior a 6:1 deverão ser tarugadas com um espaçamento máximo de 2400 mm.

Armação de aberturas

Aberturas em cobertura e tectos deverão ser armadas em jugo ou cadeia. A vigota secundária poderá ser simples e da mesma dimensão das vigotas do tecto ou das varas, se o vão a vencer for menor do que 1200 mm. As vigotas primárias poderão ser simples se a localização das vigotas secundárias for inferior a 900 mm do apoio das vigotas primárias.

Quando a vigota secundária vence um vão maior do que 1200 mm, esta e a primária deverão ser duplicadas e de secção suficiente para suportar todas as vigotas interrompidas pela abertura. As ligações entre as vigotas secundárias e primárias deverão ser feitas por conectores aprovados quando o vão das vigotas secundárias excede os 1800 mm. Quando as vigotas interrompidas pela abertura excedem um vão de 3600 mm deverão ser ligadas às vigotas secundárias por intermédio de conectores metálicos aprovados ou em serraços com uma secção mínima de 50x50 mm.

Vigas trianguladas e asnas

Vigas trianguladas, ou asnas, deverão ser objecto de cálculo de estabilidade, não sendo elemento que possa ser considerado como prescritivo. As asnas deverão ser tarugadas de acordo com as recomendações do fabricante. As asnas não deverão ser alteradas de nenhuma forma sem o prévio consentimento do projectista.

Vãos:

De seguida, apresentam-se algumas tabelas de vãos máximos permitidos para vigotas de tecto e varas. As tabelas são de acordo com o IRC, sendo somente apresentados alguns valores exemplificativos, correspondentes a madeira *Douglas Fir – Larch #1*, a que corresponderá aproximadamente a uma madeira C30 (com um módulo de elasticidade paralelo médio, $E_{0, \text{mean}}$: 12,4 kN/mm² e uma resistência à flexão, $F_{m,k}$ de 16,5 N/mm²):

Vãos para vigotas de tecto					
Sotão inabitável sem arrumação, sobrecarga de utilização 480N/m2, deflexão= L/240					
Espaçamento das vigotas (mm)	Classe	Peso próprio 240N/m2			
		Secção das vigotas			
		50x100	50x150	50x200	50x250
		Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)
300	C16	3,78	5,94	7,82	9,98
400	C16	3,43	5,38	7,11	9,07
600	C16	3,00	4,72	6,22	7,92
Sotão inabitável com alguma arrumação, sobrecarga de utilização 960N/m2, deflexão= L/240					
Espaçamento das vigotas (mm)	Classificação da madeira	Peso próprio 480N/m2			
		Secção das vigotas			
		50x100	50x150	50x200	50x250
		Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)
300	C16	3,00	4,72	6,22	7,92
400	C16	2,72	4,29	5,64	7,21
600	C16	2,39	3,73	4,93	6,30
Observações:					
a. O vão excede 8m					

Fig. 11-66 Vãos para vigotas de tecto; adaptado do IRC.

Vãos para vigotas de cobertura (varas) (a)											
Cobertura sem tecto afixado na face inferior, sobrecarga de utilização 960N/m2, deflexão=L/180											
Espaç. das vigotas (mm)	Classe	Peso próprio 480N/m2					Peso próprio 960N/m2				
		Secção das vigotas					Secção das vigotas				
		50x100	50x150	50x200	50x250	50x300	50x100	50x150	50x200	50x250	50x300
		Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)
300	C16	3,61	5,28	6,83	b	b	3,86	4,67	5,92	7,24	b
400	C16	3,05	4,67	5,92	7,24	b	2,77	4,04	5,13	6,27	7,26
500	C16	2,87	4,27	5,41	6,60	7,67	2,54	3,71	4,67	5,72	6,63
600	C16	2,62	3,81	4,83	5,92	6,86	2,26	3,30	4,19	5,11	5,94
Cobertura com tecto afixado na face inferior, sobrecarga de utilização 960N/m2, deflexão=L/240											
Espaç. das vigotas (mm)	Classe	Peso próprio 480N/m2					Peso próprio 960N/m2				
		Secção das vigotas					Secção das vigotas				
		50x100	50x150	50x200	50x250	50x300	50x100	50x150	50x200	50x250	50x300
		Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)	Vão (m)
300	C16	3,05	4,80	6,35	b	b	3,05	4,67	5,92	7,24	b
400	C16	2,77	4,67	5,92	7,24	b	2,77	4,04	5,13	6,27	7,26
500	C16	2,62	4,11	5,41	6,60	7,67	2,54	3,71	4,67	5,72	6,63
600	C16	2,44	3,81	4,83	5,92	6,86	2,26	3,30	4,19	5,11	5,94
Observações:											
a. Na tabela é assumido que as vigotas de tecto estão em linha com o apoio inferior das varas, caso estejam mais altas o vão deverá ser ajustado de acordo com o seguinte factor:											
		Hc/Hg		Factor							
		1/3		0,67							
		1/4		0,76							
		1/5		0,83							
		1/6		0,90							
		1/7,5 ou menos		1,00							
em que Hc= altura das vigotas de tecto medido a partir da parede de apoio das varas											
e Hg= altura da cumeeira medida a partir da parede de apoio das varas											
b. O vão excede 7,95m											

Fig. 11-67 Vãos para vigotas de cobertura, adaptado do IRC

11.6.3 Revestimento estrutural de coberturas

A aplicação de régua espaçada como ripado para fixação de telhas de madeira não deve ser utilizada em zonas sísmicas. O forro das varas deverá ser executado com régua de topo, régua macho-fêmea ou painel estrutural.

Espessura mínima de régua de revestimento	
Espaçamento das vigotas ou vigas (mm)	Espessura mínima (mm)
600	16 mm
1200	38 mm macho-fêmea
1500	
1800	

Fig. 11-68 Espessura mínima de régua de revestimento

A madeira e os painéis deverão ter uma classificação de serviço adequada à utilização.

11.6.4 Ventilação da cobertura

Sótãos e espaços entre varas com o revestimento de tecto aplicado directamente devem ter ventilação cruzada. As entradas de ventilação do sótão e de cada espaço individual entre varas devem estar protegidas contra a entrada de chuva e neve. Para evitar a entrada de insectos e pássaros, as aberturas devem ser protegidas com uma rede resistente à corrosão com buracos entre 3 e 6 mm de dimensão. A área das aberturas deve ser superior a 1/150 da área a ventilar. O rácio poderá ser reduzido a 1/300 se entre 50 e 80% da ventilação for superior, na cumeeira ou noutro ponto pelo menos 900 mm acima das entradas de ventilação ao nível da ligação da cobertura com as paredes. O rácio de 1/300 poderá também ser utilizado caso seja aplicada uma barreira de vapor com 1 perm ($5,7 \times 10^{-11}$ kg/s.m².Pa) no lado quente do tecto.

A aplicação de isolamento térmico deverá ser feita de forma a não bloquear a ventilação. No caso do revestimento de tecto ser aplicado directamente às varas, deve ser mantido um afastamento mínimo de 25 mm entre o topo do isolamento e o forro estrutural da cobertura.

11.6.5 Acesso ao sótão

Coberturas de material combustível como madeira devem ter um acesso para visita com uma dimensão mínima de 550 mmx750 mm e com um pé direito mínimo às varas de 750 mm.

11.6.6 Isolamento térmico

Isolamento térmico combustível, como por exemplo isolamento celulósico, deve manter um afastamento mínimo de 75 mm a fontes de calor como armaduras embutidas, motores eléctricos ou qualquer outro equipamento que gere calor.

11.7 Coberturas

11.7.1 Requisitos gerais

O revestimento da cobertura deverá ter em conta o risco de incêndio e requisitos específicos em função do seu local de implantação. De uma forma geral, revestimentos como telha cerâmica, telha de cimento, telha de ardósia, folhas e telhas de aço ou de cobre resultam em revestimento de maior resistência ao fogo.

As telhas de madeira devem ser tratadas com ignífugo aplicado com processo de célula cheia por vácuo e pressurização.

11.7.2 Protecção contra a intempérie

O revestimento estrutural deve ser protegido da intempérie pela aplicação de um revestimento de cobertura. O revestimento deve incluir os remates necessários para evitar a entrada de água em intersecções, capeamentos, e penetrações na cobertura. Devem ser instalados remates nas intersecções entre paredes e cobertura, mudanças de declive ou direcção da cobertura e em aberturas. Quando os remates forem de metal, este deve ser resistente à corrosão com uma espessura mínima de 0,5 mm. O capeamento de platibandas deve ser material incombustível e com dimensão superior à largura da platibanda.

Salvo se a drenagem da cobertura for feita livremente pelo beirado, cada ponto mais baixo da cobertura deve ser munido de tubo de queda para permitir o escoamento das águas pluviais. Os tubos de queda devem ser munidos de tubos ladrão, com uma entrada posicionada a 50 mm acima das suas entradas e ligados a tubo de queda independente. Como alternativa ao tubo ladrão, podem ser executadas gárgulas através da platibanda com uma área 3 vezes maior do que as do tubo de queda e 50 mm acima da entrada do tubo. A altura da abertura na platibanda será de pelo menos 100mm.

11.7.3 Materiais

Antes da aplicação de revestimentos de cobertura, a sua compatibilidade deve ser averiguada.

11.7.4 Requisitos dos revestimentos de cobertura

Telha asfáltica

A telha asfáltica deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida, como painéis estruturais. O declive mínimo da cobertura para aplicação de telha asfáltica deve ser 16%. A aplicação de telha asfáltica em coberturas com declives entre os 16% e 33% deve prever a aplicação de uma base dupla de feltro betuminoso. A fixação da telha asfáltica deve ser feita com pregos resistentes à corrosão com uma espessura de 3 mm e cabeça de 10 mm. A penetração na base de madeira deve ser de pelo menos 20 mm ou atravessar a base, no caso de painéis estruturais. Em declives entre 16 e 33% o feltro, duplo, deve ser aplicado do beirado para a cumeeira com sobreposições de 500 mm. As juntas verticais devem ter um desfasamento de 1800 mm. Em larós, o feltro, com uma largura de pelo menos 900 mm, deve ser aplicado em rolo no sentido de escoamento.

Telha cerâmica

A telha cerâmica deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida, como painéis estruturais. O declive mínimo da cobertura para aplicação de telha cerâmica deve ser 20%. A aplicação de telha cerâmica em coberturas com declives entre os 20% e 33% deve prever a aplicação de uma base dupla de feltro betuminoso. A aplicação do feltro betuminoso deve ser feita como descrito para a telha asfáltica. Em zonas de vento ou de reduzido peso da telha cerâmica, as fiadas periféricas devem ser fixadas mecanicamente à base.

Telhas metálicas

A telha metálica deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida como painéis estruturais. O declive mínimo da cobertura para aplicação de telha metálica deve ser 25%. A

aplicação de telha metálica em coberturas deve prever a aplicação de uma base dupla de feltro betuminoso. A aplicação do feltro betuminoso deve ser feita como descrito para a telha asfáltica.

Tela asfáltica em rolo com acabamento de sarrisca

A tela deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida como painéis estruturais. O declive mínimo da cobertura para aplicação de tela deve ser 8%. A aplicação de tela em coberturas deve prever a aplicação de uma base de feltro betuminoso. A aplicação do feltro betuminoso deve ser feita como descrito para a telha asfáltica.

Telha de ardósia

A telha de ardósia deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida como painéis estruturais. O declive mínimo da cobertura para aplicação de telha de ardósia deve ser 33%. Para declives entre 33 e 66%, a sobreposição das telhas deve ser de 100 mm; para declives entre 66 e 160%, a sobreposição deve ser de 80 mm; para declives maiores, a sobreposição poderá ser de 50 mm. A telha deve ter, pelo menos, dois fixadores instalados de acordo com as recomendações do fabricante.

Telhas de madeira (*shingles* – aparelhada)

A telha de madeira deve ser somente aplicada sobre uma base contínua e sólida como painéis estruturais em zonas de actividade sísmica. O declive mínimo da cobertura para aplicação de telha de madeira deve ser 25%. A sobreposição lateral de juntas verticais entre camadas consecutivas deve pelo menos ser de 40 mm e de tal forma que, em três camadas consecutivas, nenhuma junta vertical alinhe. O espaçamento entre telhas deve ser entre 6 e 10 mm. Os pregos devem ser resistentes à corrosão e penetrar pelo menos 13 mm na base. Caso o revestimento tenha uma espessura inferior, os pregos devem atravessar o revestimento estrutural. Cada telha deve ser fixada com, pelo menos, dois pregos a 20 mm das laterais da telha e ter 25 mm de recobrimento pela telha da fiada superior. No caso de telha de cedro, as exposições recomendadas, de acordo com o IRC, em função do comprimento da telha são:

Exposição de cada camada de telha de madeira		
Comprimento da telha (mm)	Exposição (mm)	
	Declive entre 25 e 33%	Declive com mais de 33%
400	80	90
450	90	100
600	130	140

Fig. 11-69 Exposição de cada camada de telha de madeira

Telhas de madeira (*Shakes* – madeira rachada)

Os requisitos referentes a telha de madeira (*shake*) são, em tudo, similares ao tipo *shingle*, excepto que, por baixo de cada fiada, deve ser colocado feltro betuminoso. Para o caso de *shakes* com perfil afunilado, as exposições recomendadas em coberturas de declive superior a 33% são de 140 mm para telha de 450 mm de comprimento e de 190 mm para telha de 600 mm de comprimento. As telhas *shake* e *shingle* devem ser de madeira naturalmente resistente e é comum a utilização de cedro ou eventualmente pinho tratado. Devido ao risco de incêndio acrescido de uma cobertura de madeira, é comum a aplicação de telhas com tratamento ignífugo.

Membrana betuminosa e betume modificado

A cobertura de membrana betuminosa deve ter um declive mínimo de 2% e 1%, no caso de cobertura asfáltica. Este tipo de cobertura deve ser aplicado sobre uma base contínua e sólida como painéis estruturais para permitir a sua colagem. A instalação deve ser feita de acordo com as recomendações do fabricante.

Chapa metálica

A cobertura de chapa metálica deve ter um declive mínimo de 25% em construção de juntas sem selante e de 4% com juntas seladas. A chapa deve ser de material resistente corrosão e fixada com parafusos resistentes à corrosão.

11.7.5 Isolamento térmico

A aplicação de revestimento térmico por cima do forro estrutural da cobertura é possível, uma vez que esteja protegido pelo revestimento da cobertura. No caso particular dos Estados Unidos da América, este tipo de solução está restringido a soluções homologadas e previamente testadas pelo *standard* UL 1256 (*Underwriters Laboratory*) ou FM 4450 (*Factory Mutual*).¹

¹ O UL 1256 e FM 4450 estabelecem os métodos de avaliação do comportamento de sistemas de “*roof deck*” metálico e não metálico exposto a chama pelo interior (por baixo) e a contribuição do isolamento e revestimento para a propagação do incêndio.

12 Exemplos práticos de aplicação do sistema construtivo

12.1.1 Exemplo nº1



Fig. 12-1 Vista geral da moradia exemplo nº1.

Esta moradia corresponde a um T3, desenvolvendo-se em dois pisos com os quartos no piso superior e a zona pública no piso inferior. O edifício tem 7m de largura e 12 de comprimento.

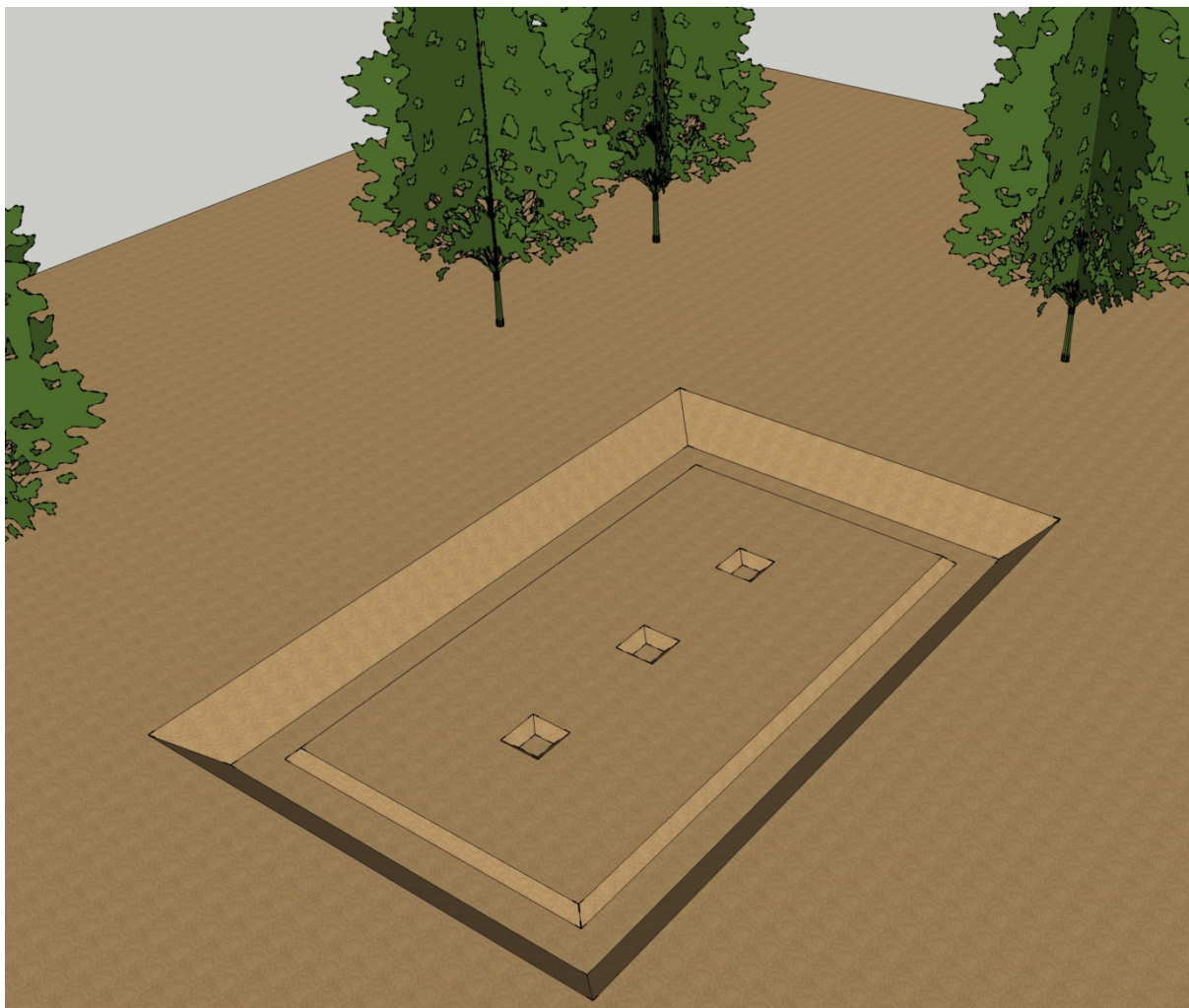


Fig. 12-2 Abertura de valas de fundação.

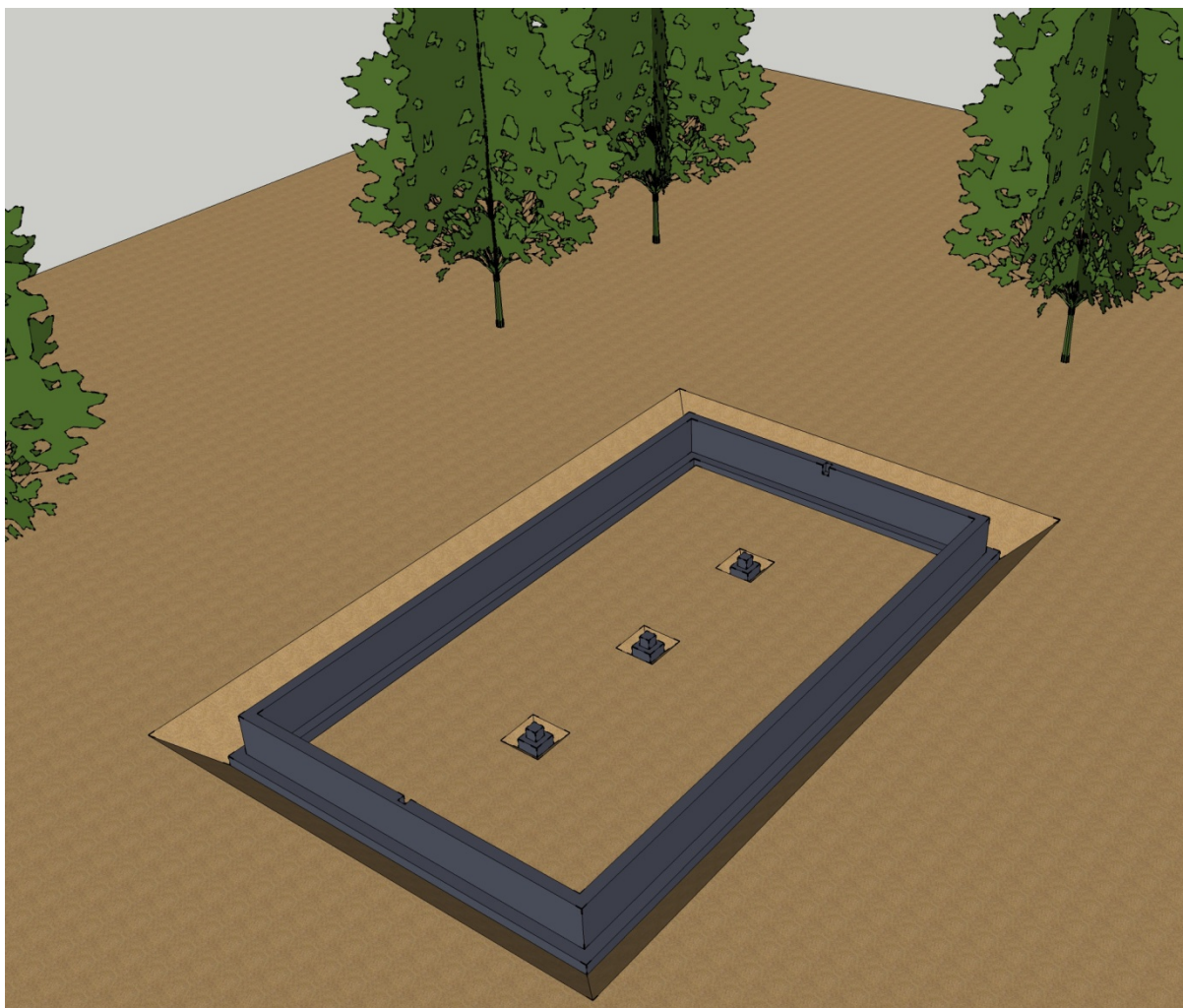


Fig. 12-3 Execução das fundações (fundação corrida e sapatas).



Fig. 12-4 Execução do frechal de fundação e viga do piso térreo. A viga apoia em calço de madeira com classe de resistência adequada ao contacto com betão e o negativo do betão é sobredimensionado para permitir a ventilação da entrega da viga.

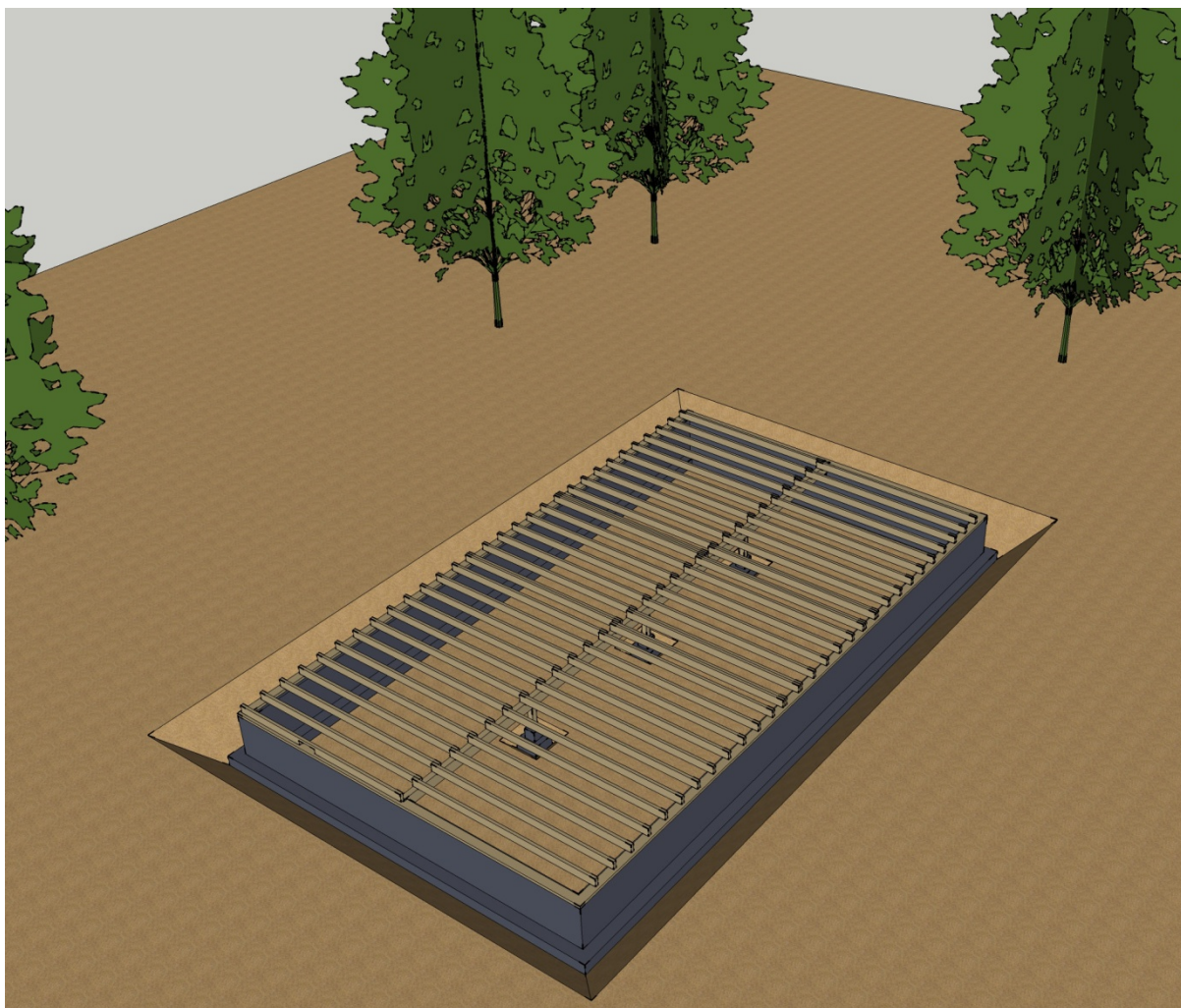


Fig. 12-5 Montagem das vigotas de pavimento. As entregas das vigotas são desfazadas sobre a viga para aumentar a área de contacto na entrega. A ligação entre vigotas é feita com pregagem de face.

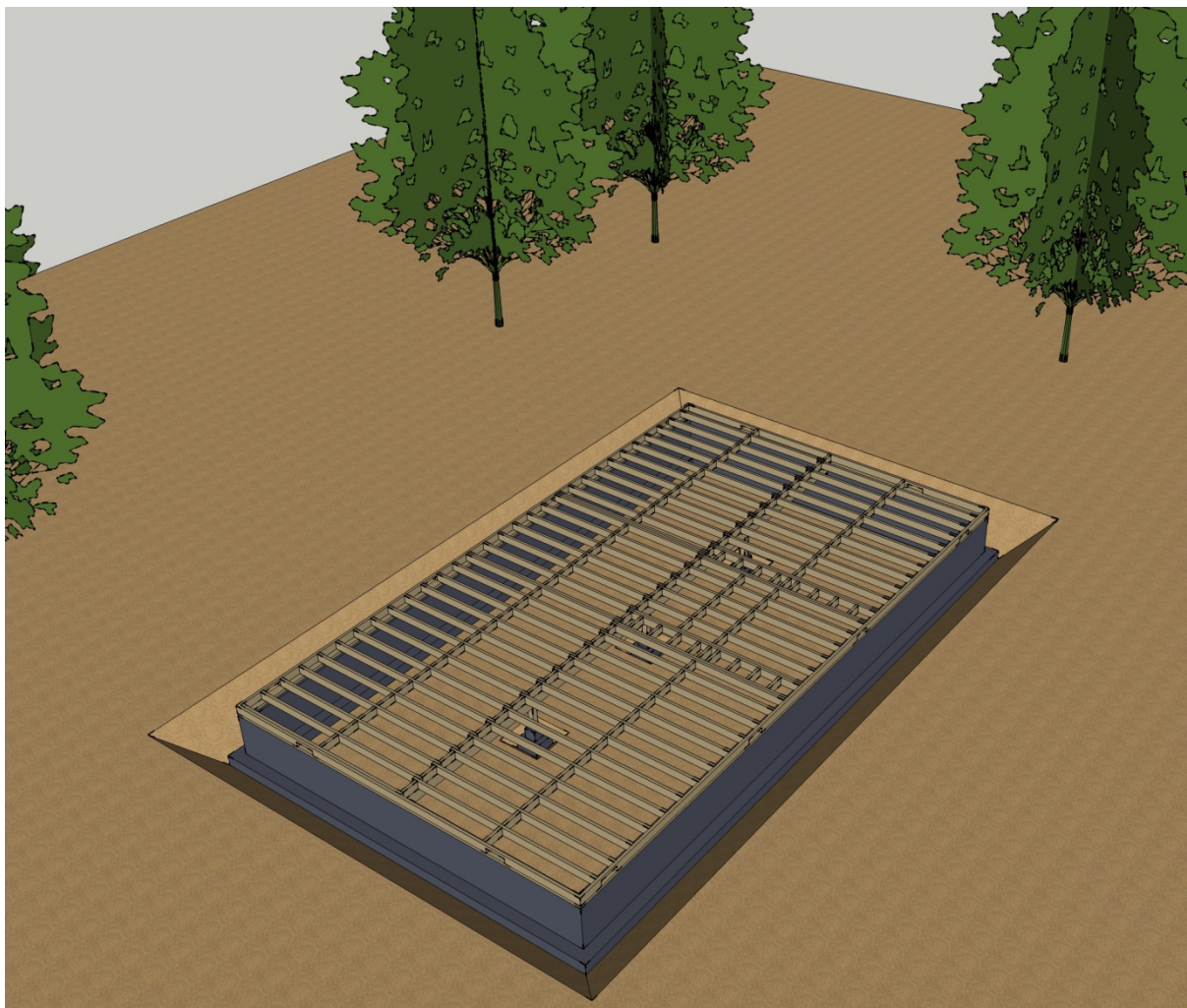


Fig. 12-6 Montagem da viga de bordadura e tarugos.

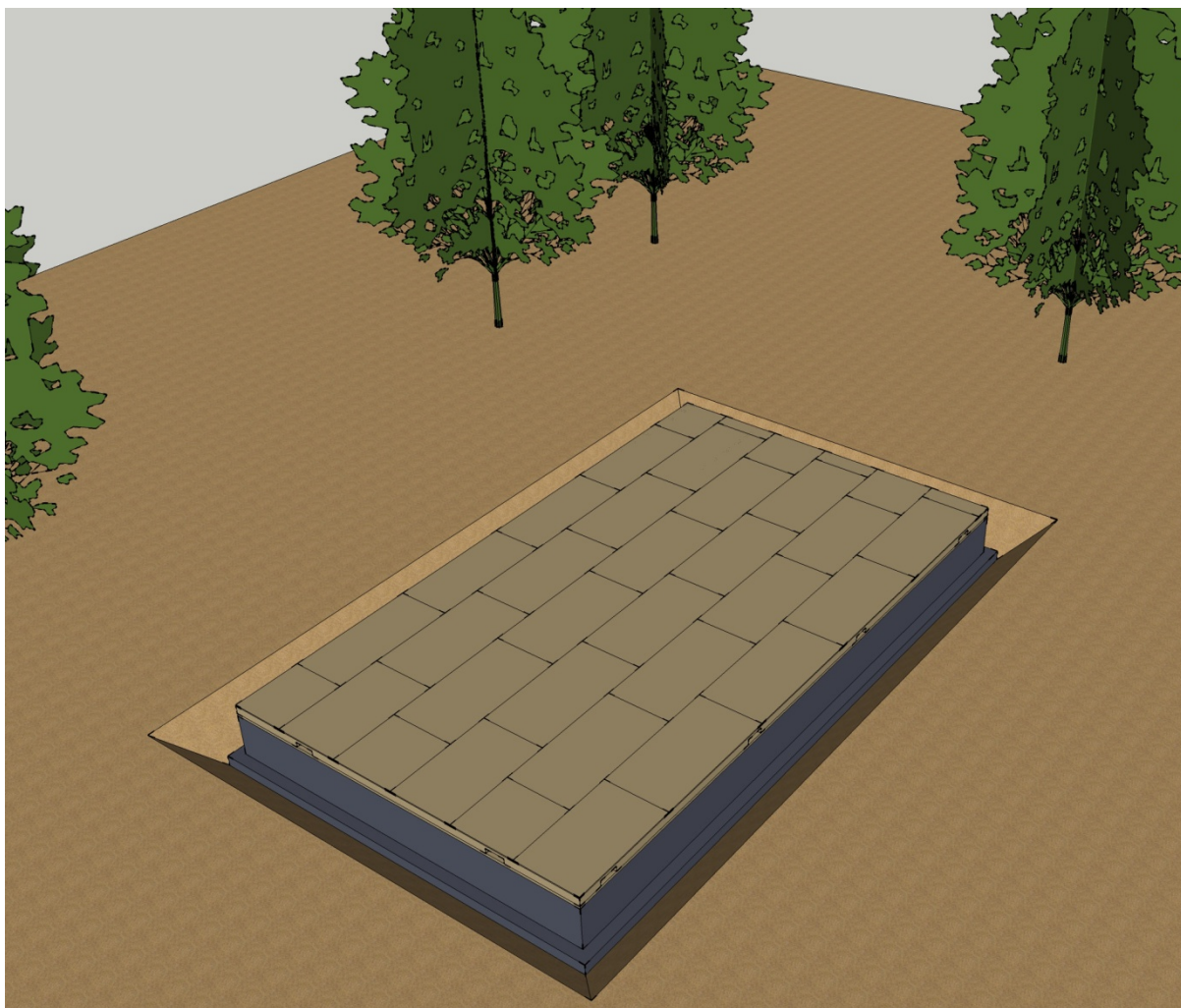


Fig. 12-7 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma. A pregagem da cada painel é feita em toda a periferia e no alinhamento de cada elemento de apoio inferior.

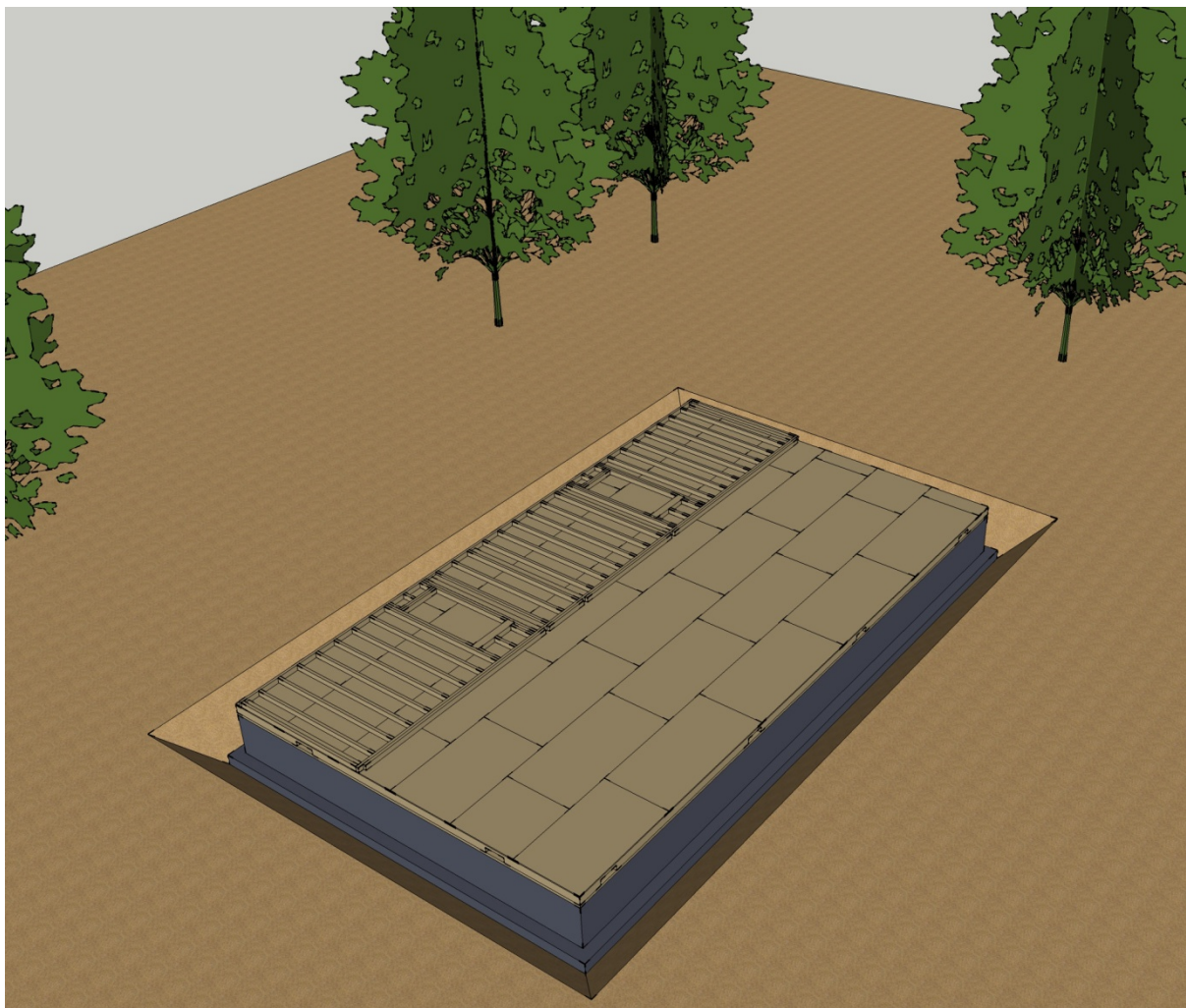


Fig. 12-8 Montagem de parede exterior sobre o pavimento. A construção da armação da parede na horizontal facilita a sua construção.

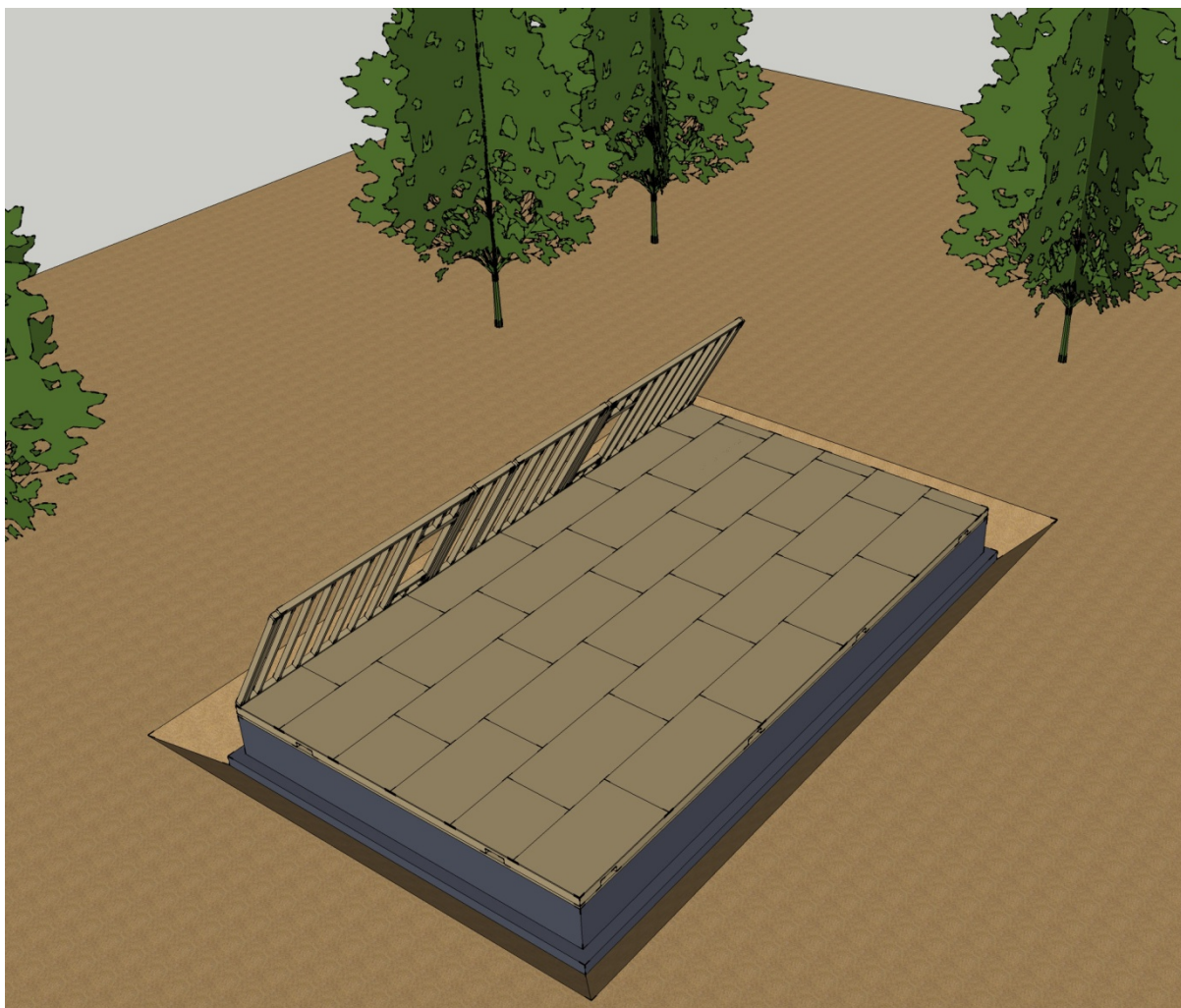


Fig. 12-9 Levantamento manual da parede exterior.

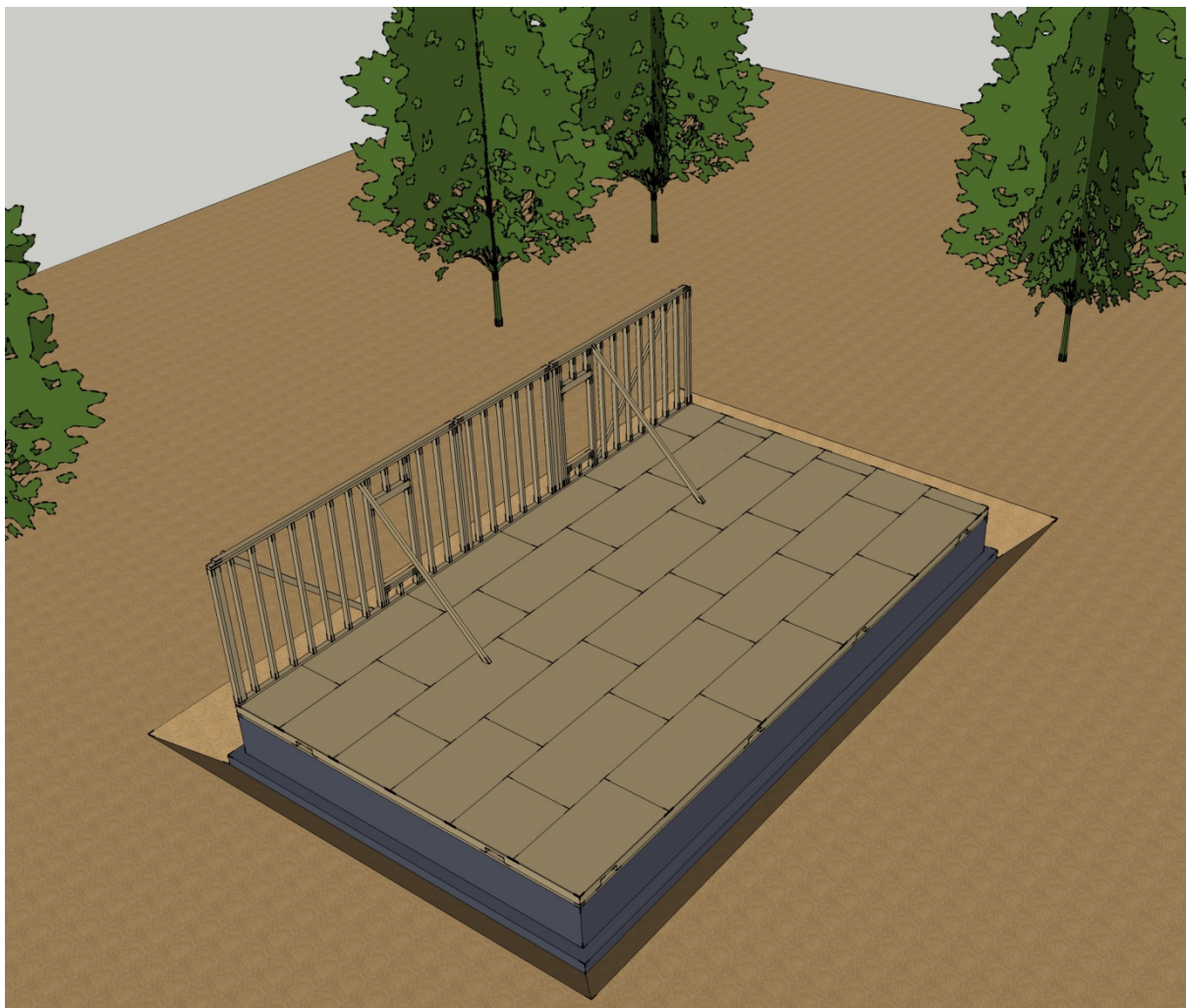


Fig. 12-10 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior. As escoras garantem que a parede esteja a prumo enquanto que os tirantes garantem a sua ortogonalidade.



Fig. 12-11 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento.

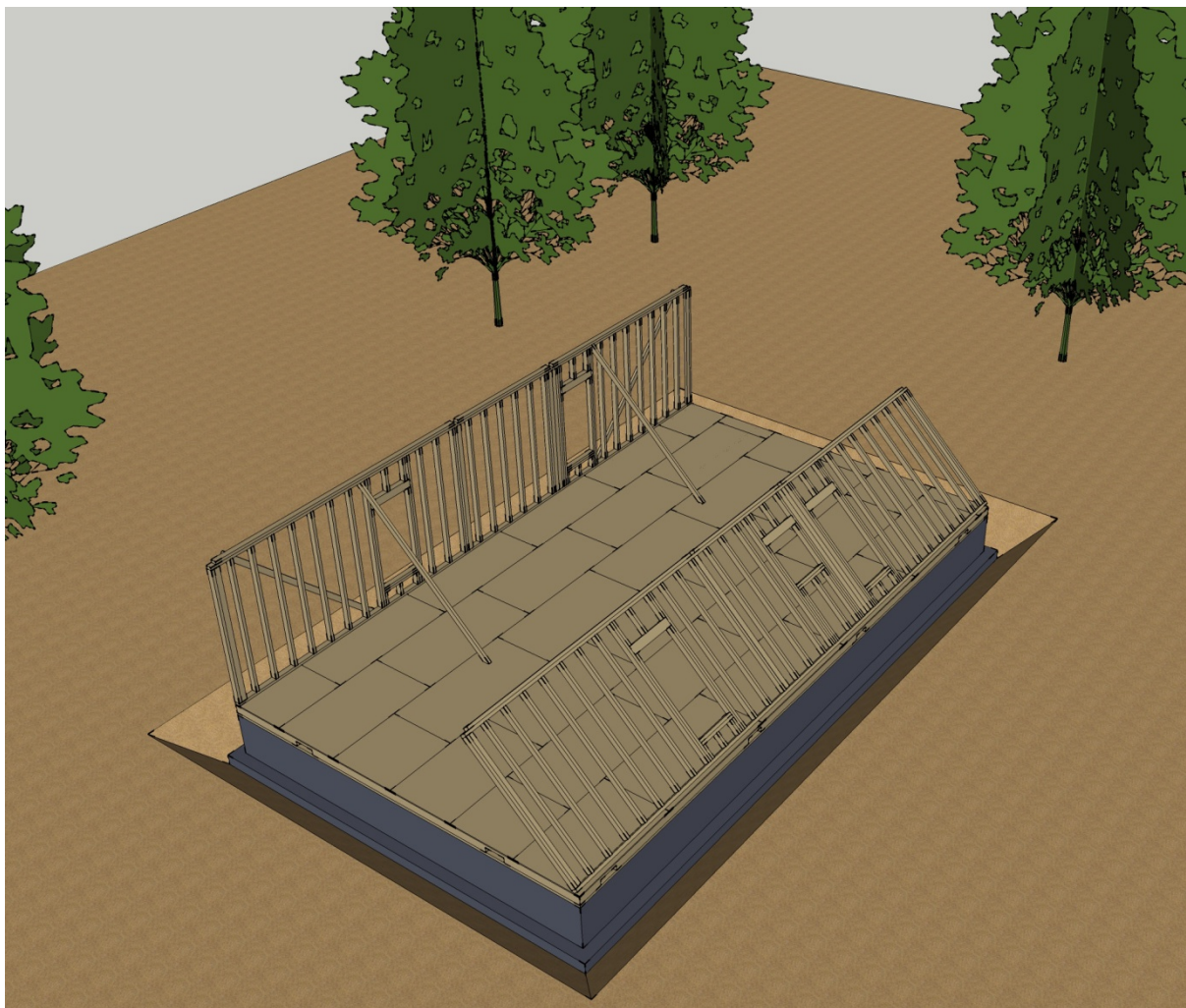


Fig. 12-12 Levantamento manual da segunda parede exterior.



Fig. 12-13 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.

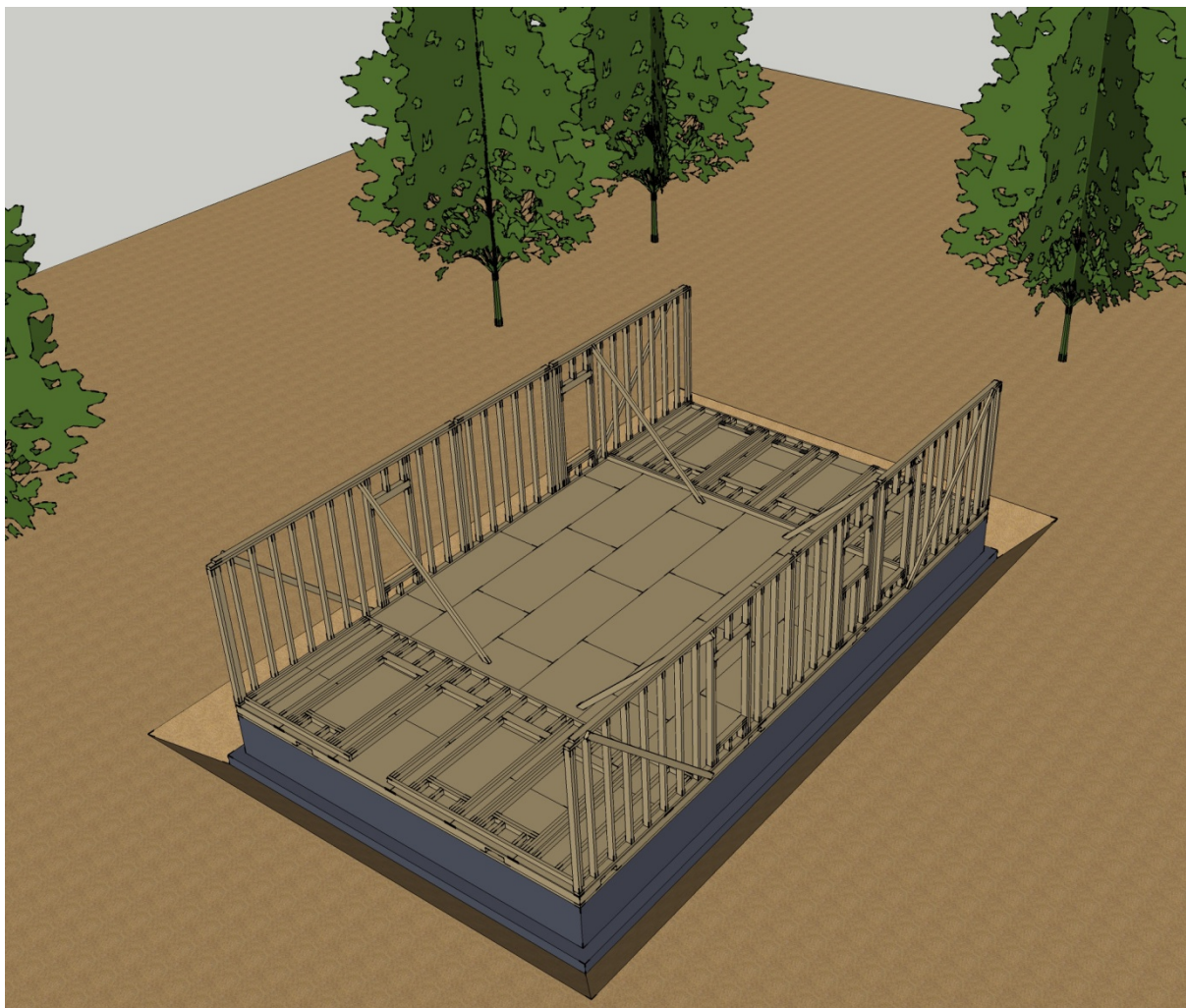


Fig. 12-14 Montagem de paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.

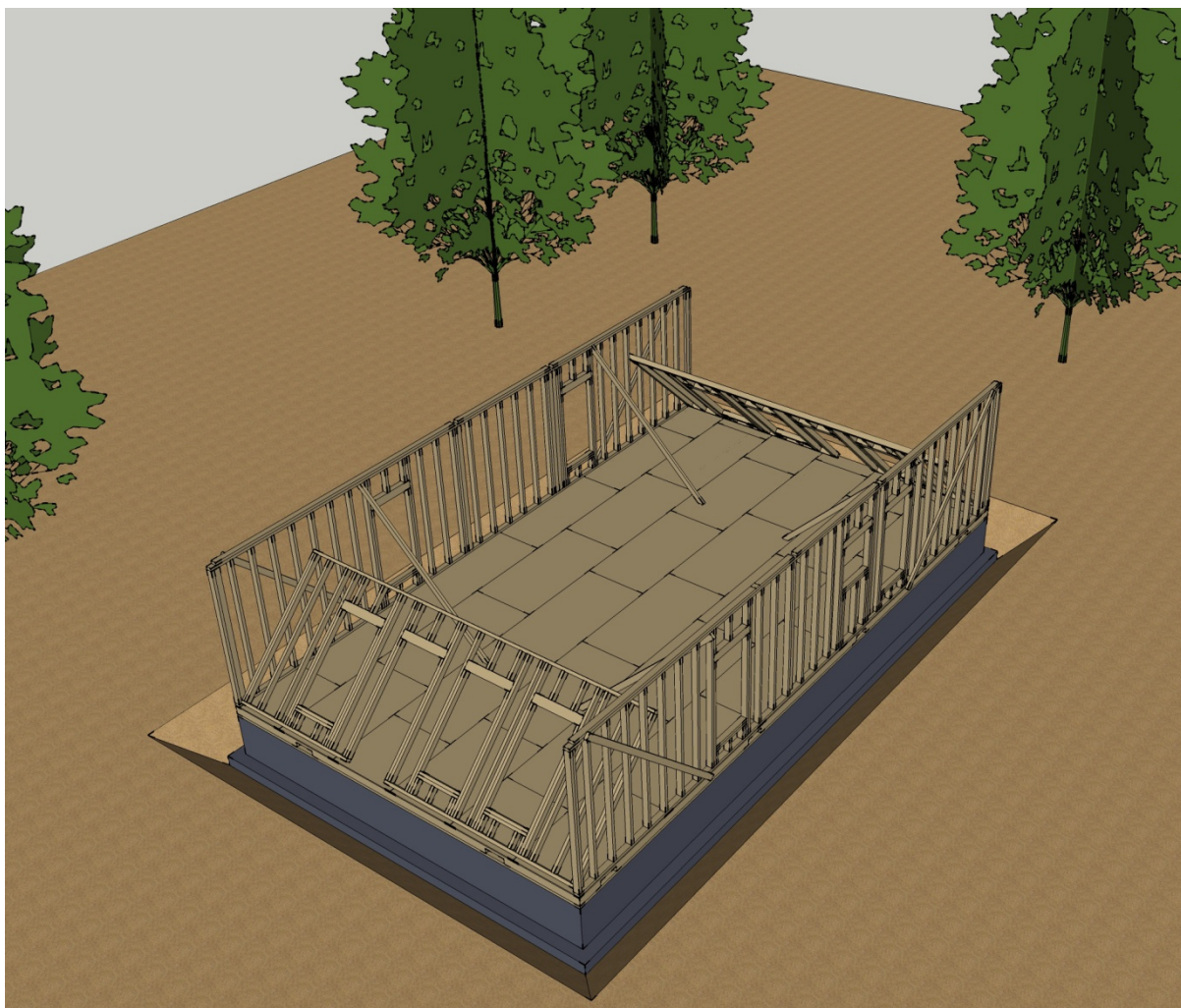


Fig. 12-15 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.



Fig. 12-16 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.

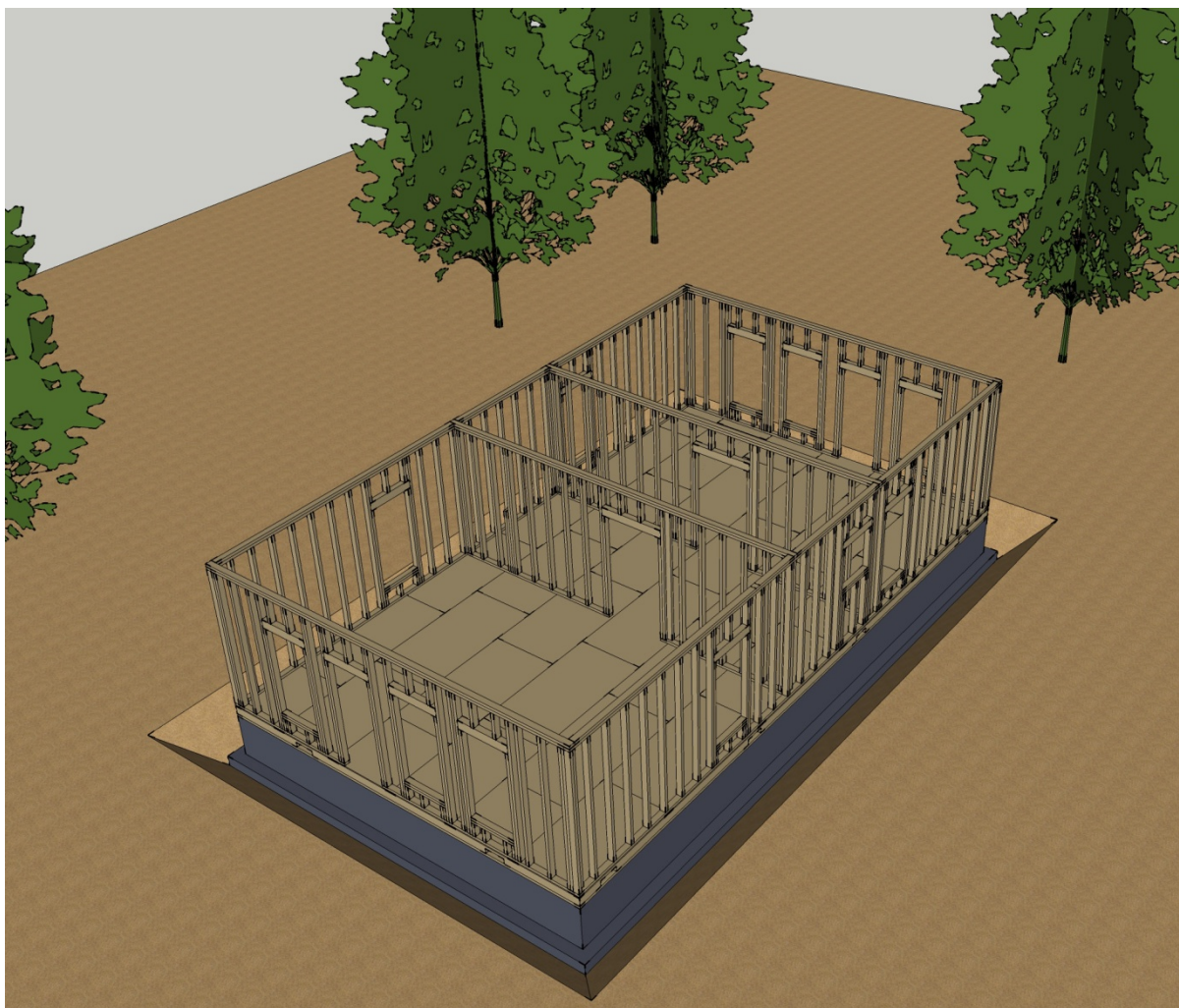


Fig. 12-17 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.

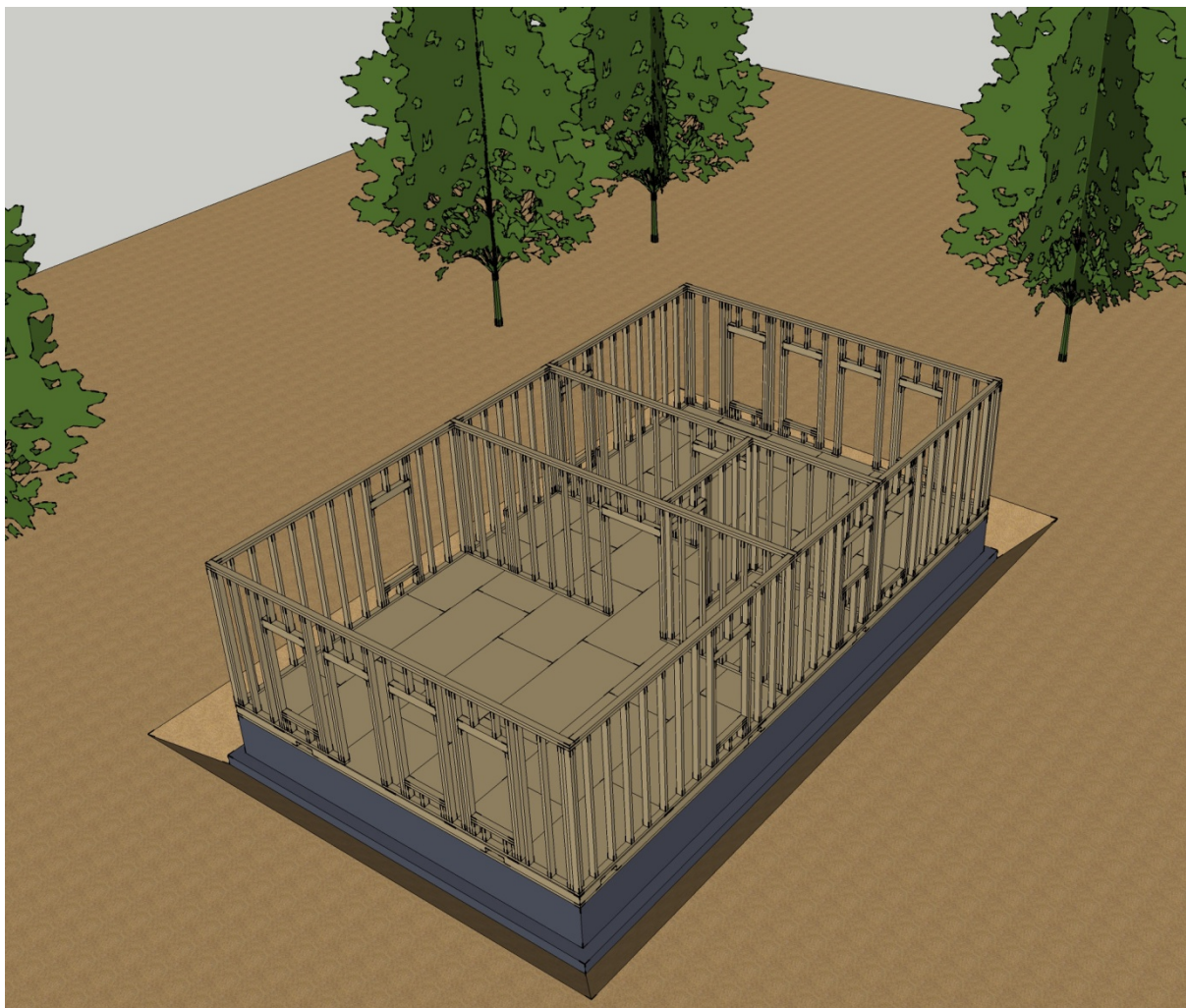


Fig. 12-18 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.

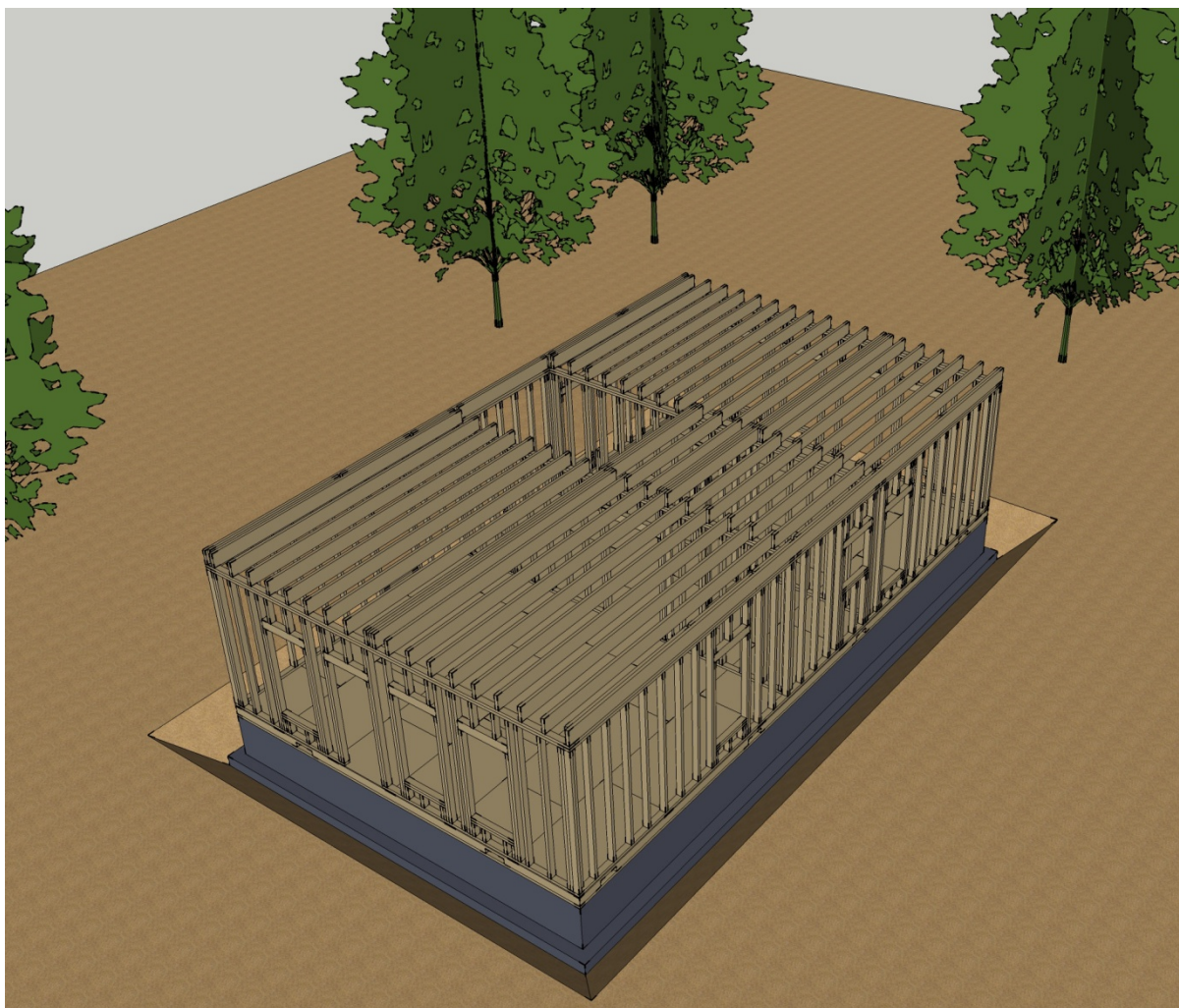


Fig. 12-19 Montagem das vigotas do pavimento elevado e de vigotas duplas para suporte de paredes interiores. As vigotas duplas sob paredes divisórias tendem a reduzir o possível efeito de fluência causado pela ação da parede no pavimento.

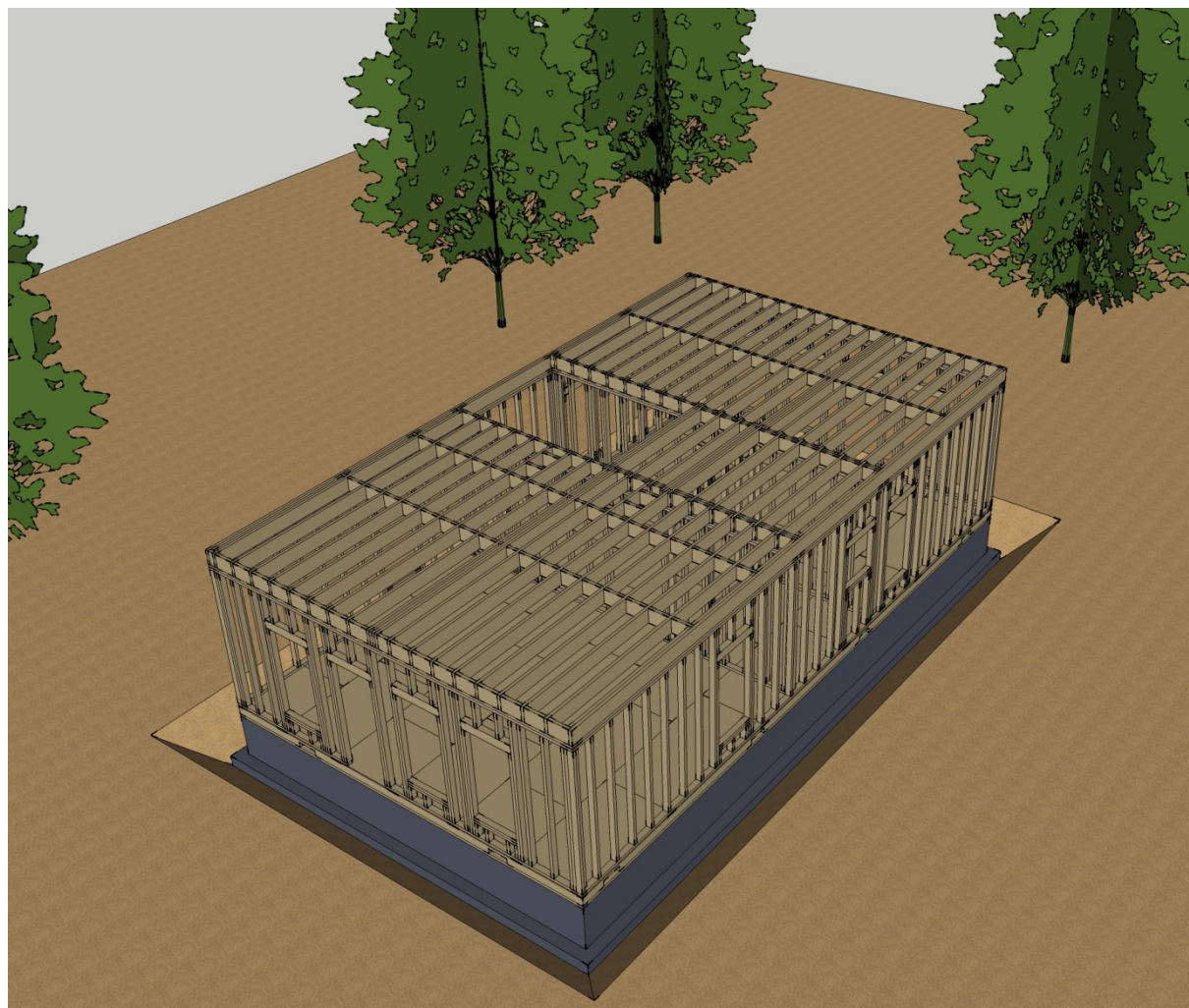


Fig. 12-20 Montagem de vigota de bordadura e tarugos. Note-se que alguns dos alinhamentos dos tarugos correspondem ao alinhamento de paredes interiores perpendiculares às vigotas.

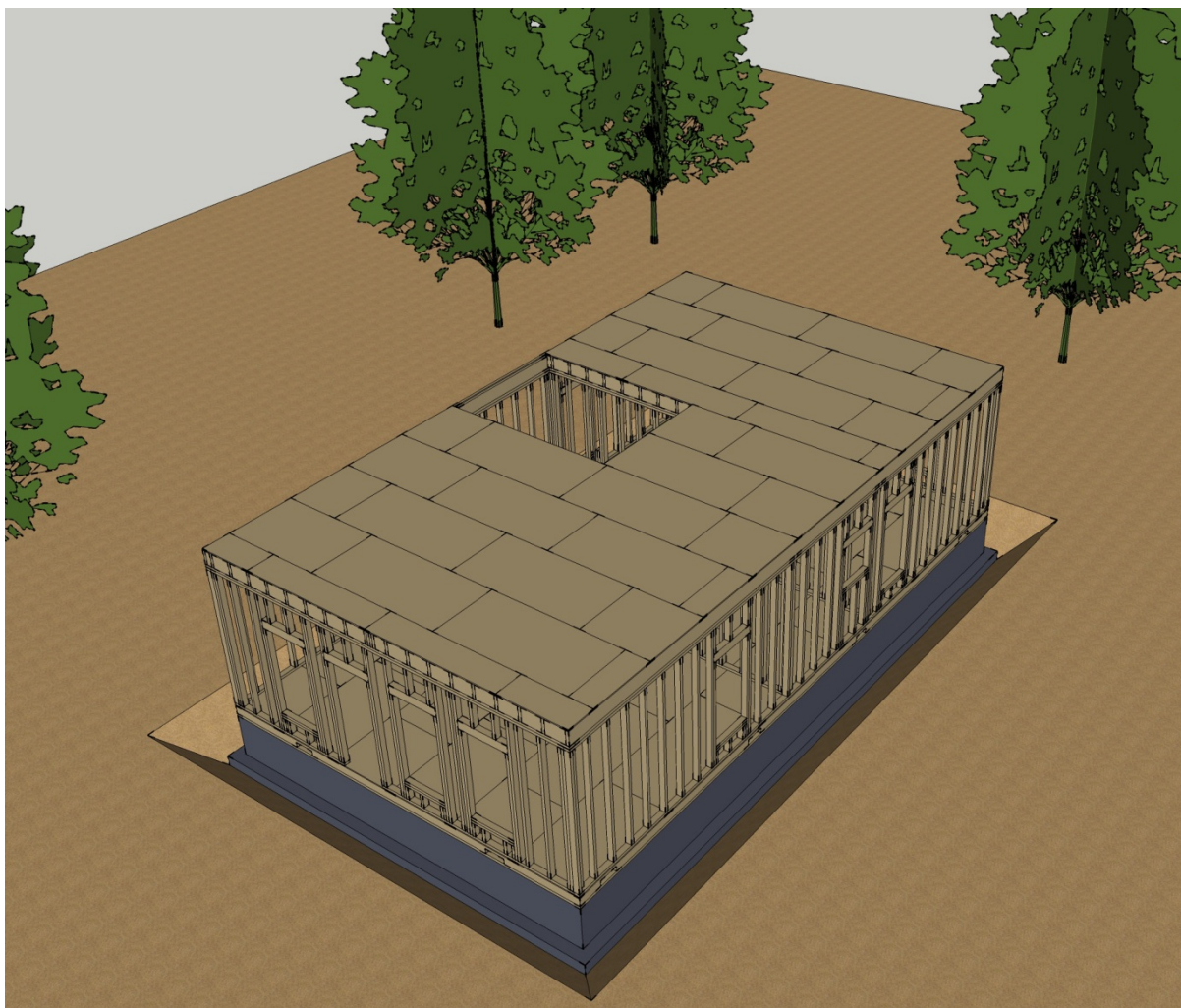


Fig. 12-21 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma.

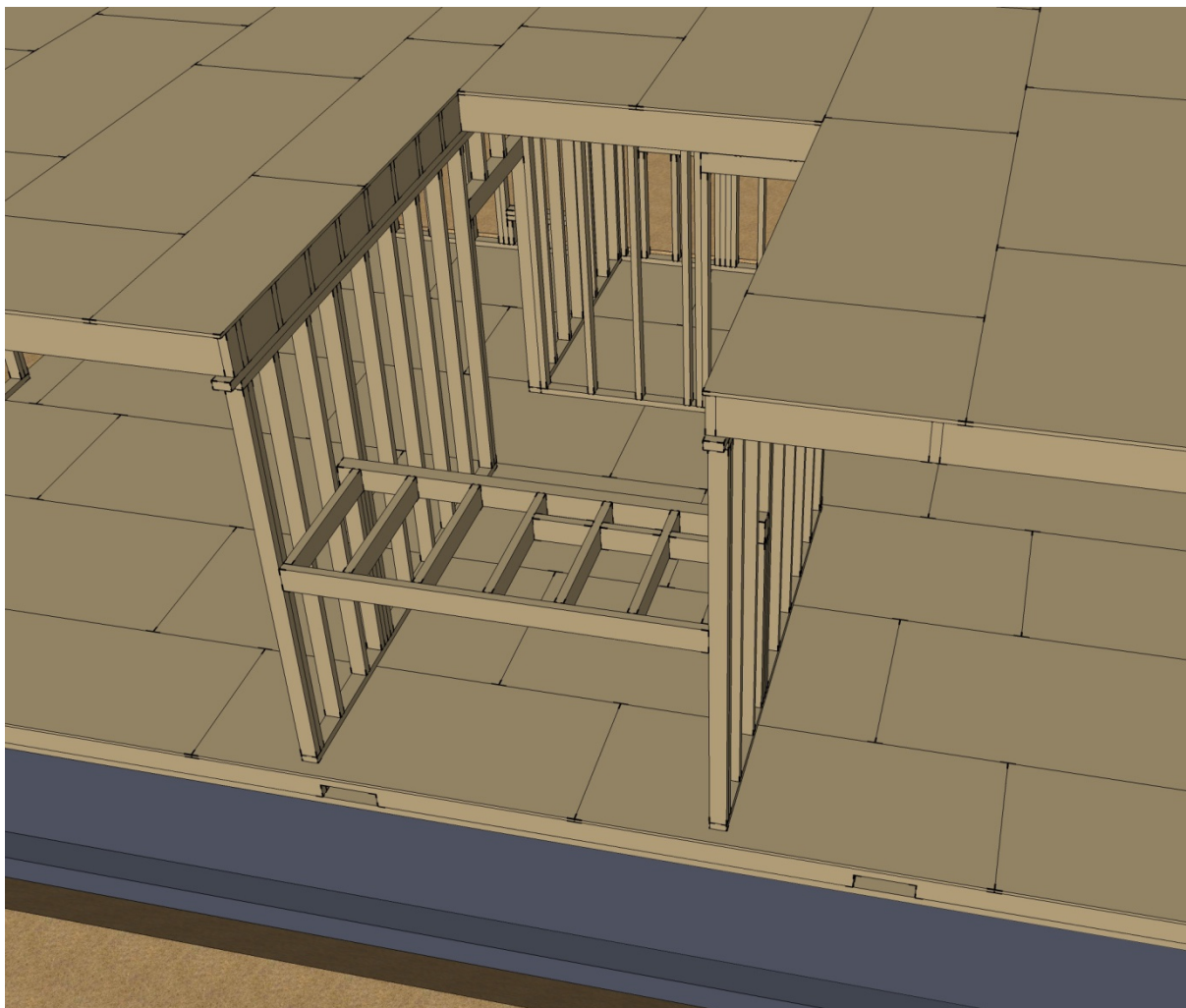


Fig. 12-22 Montagem da armação de vigotas do patamar das escadas.

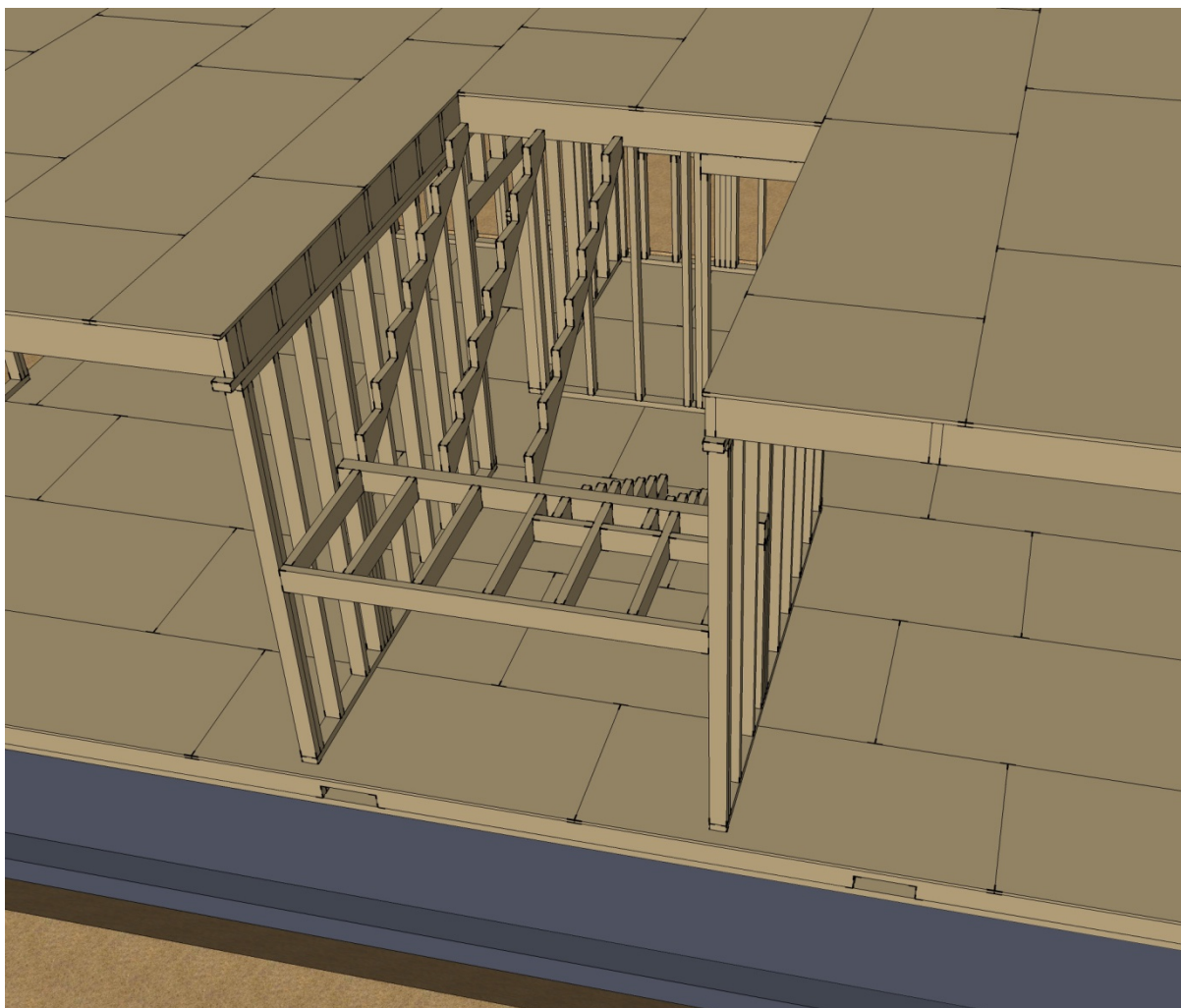


Fig. 12-23 Montagem das pernas das escadas.

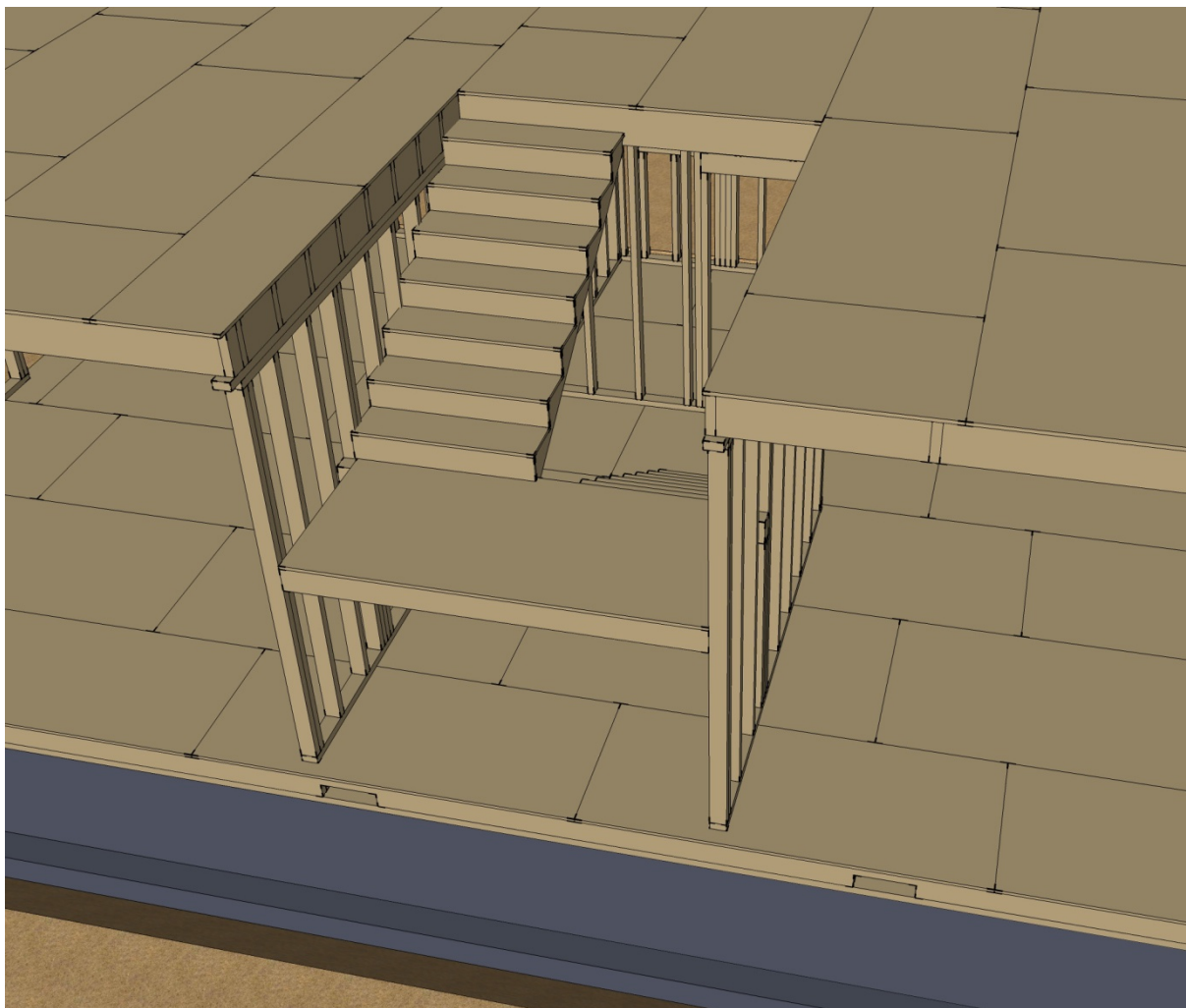


Fig. 12-24 Montagem de forro estrutural nas escadas e patamar.

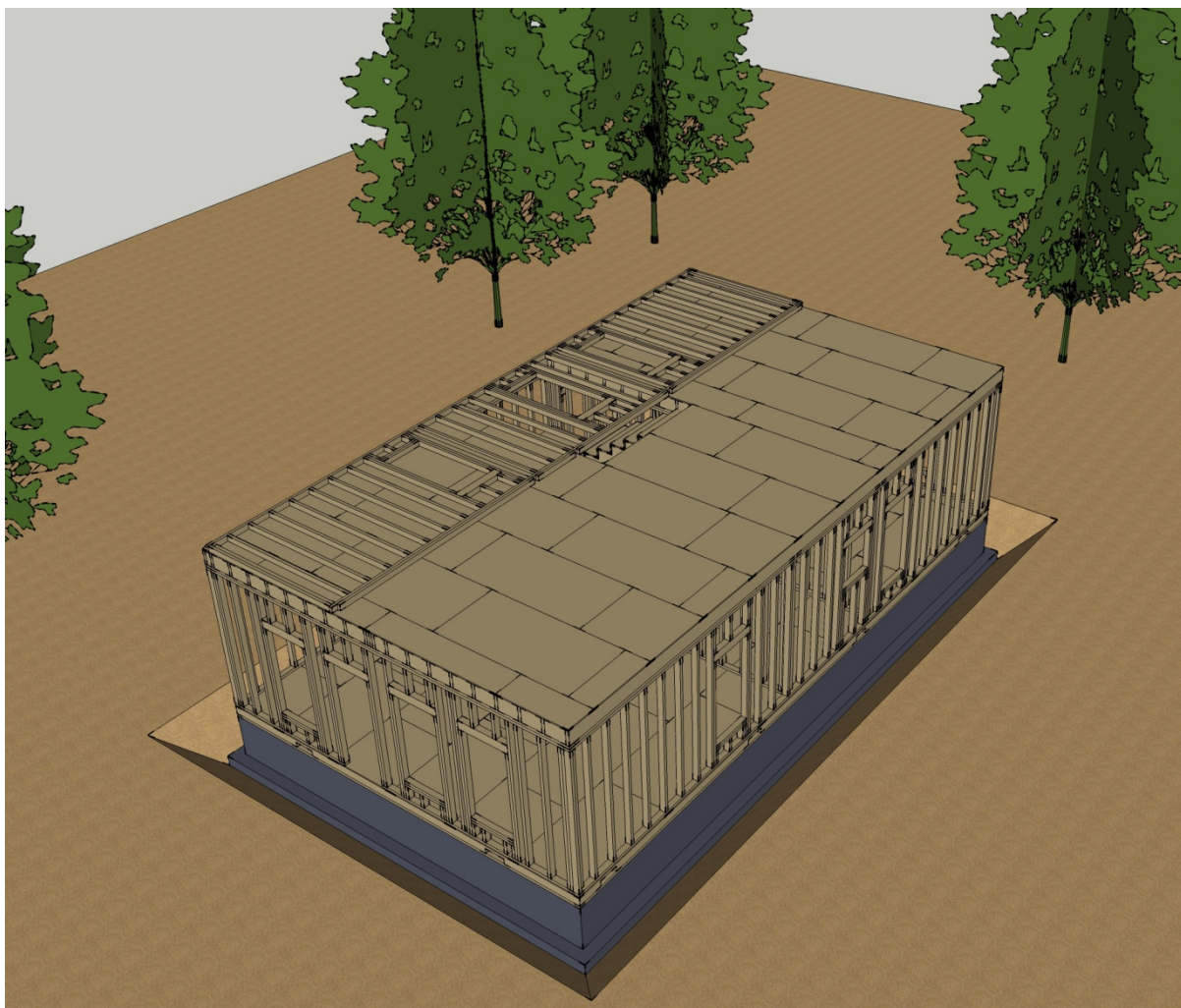


Fig. 12-25 Montagem de parede exterior sobre o pavimento.



Fig. 12-26 Levantamento manual de parede exterior.



Fig. 12-27 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.



Fig. 12-28 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento.

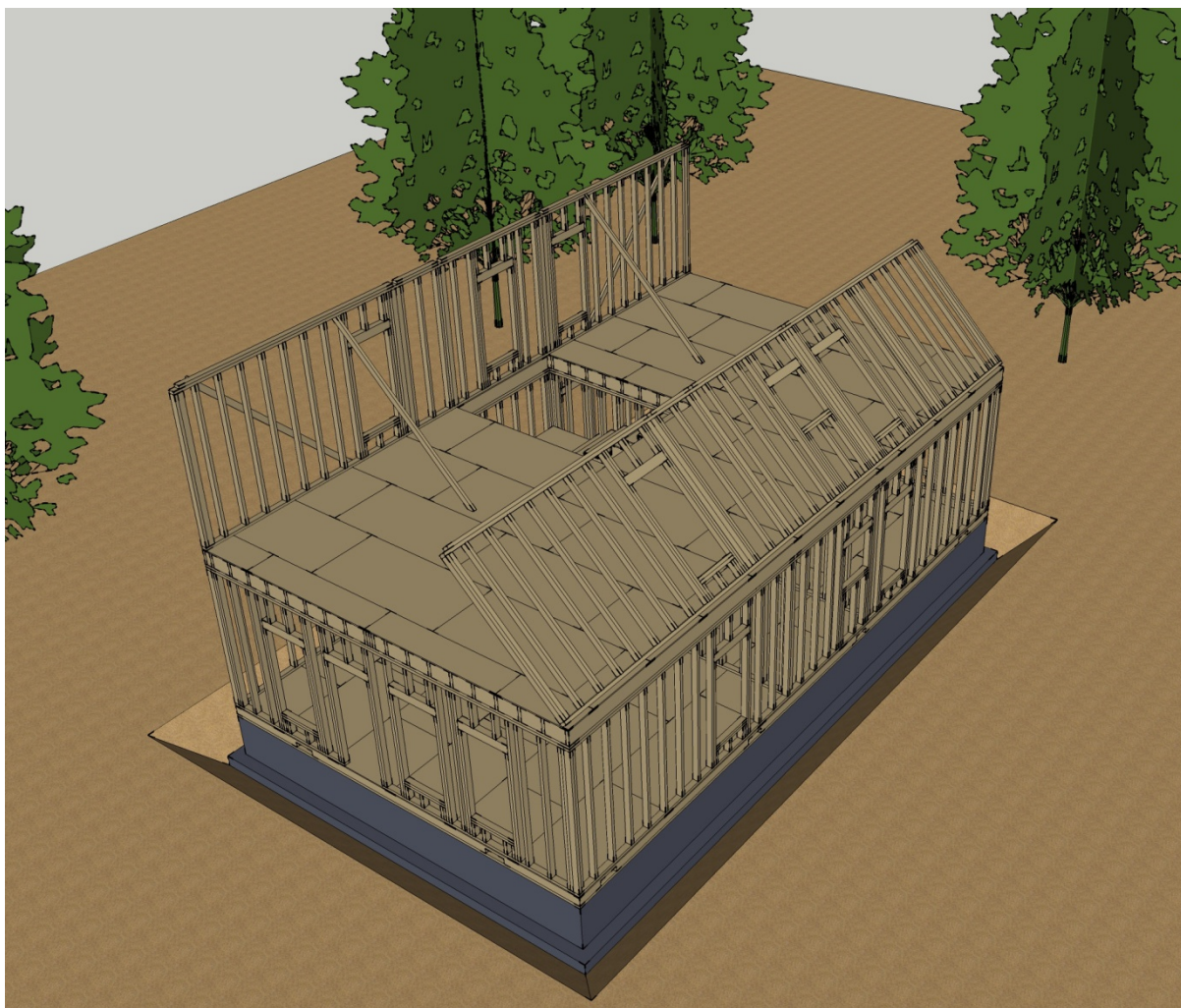


Fig. 12-29 Levantamento manual da segunda parede exterior.

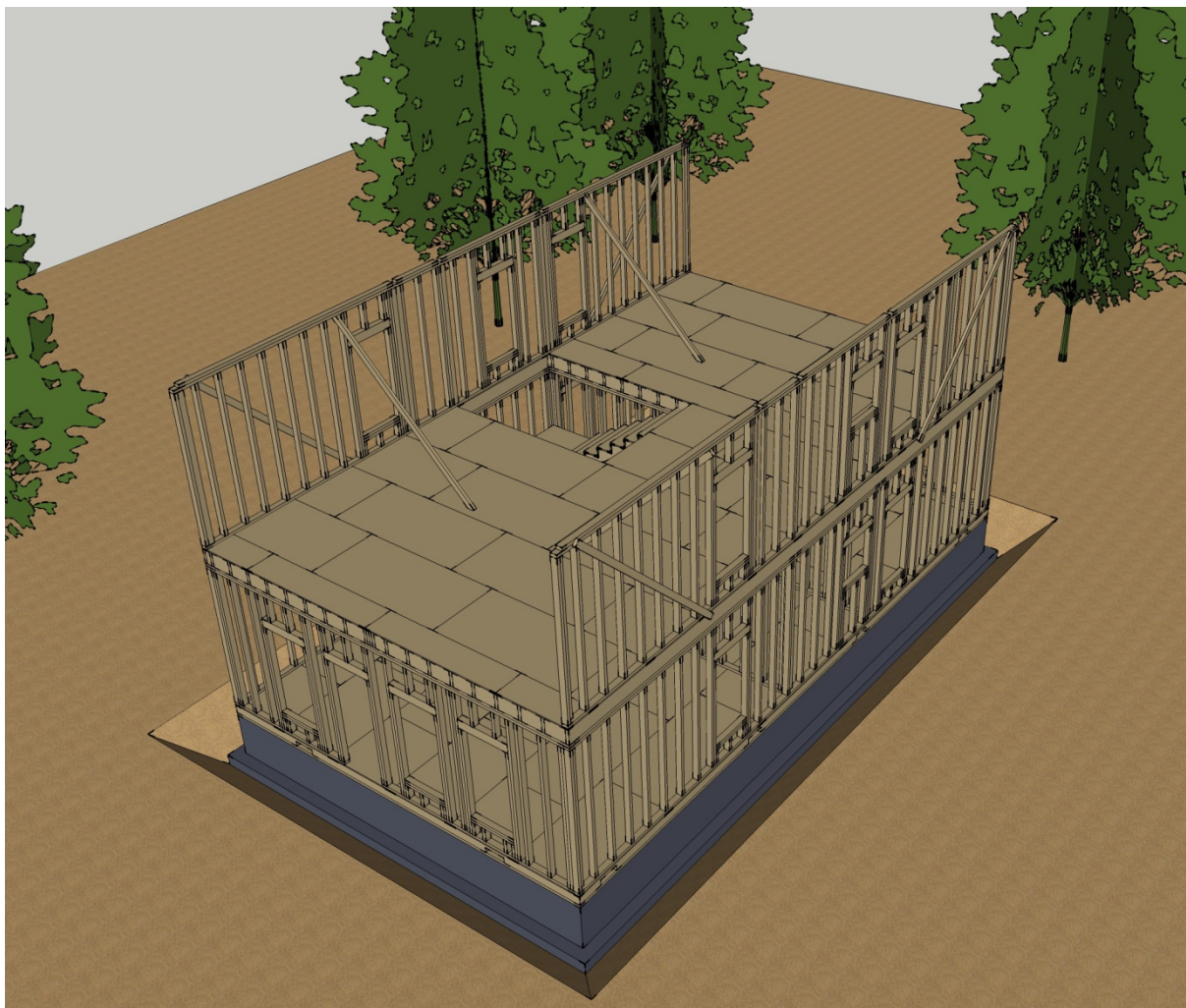


Fig. 12-30 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.



Fig. 12-31 Montagem das paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.



Fig. 12-32 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.

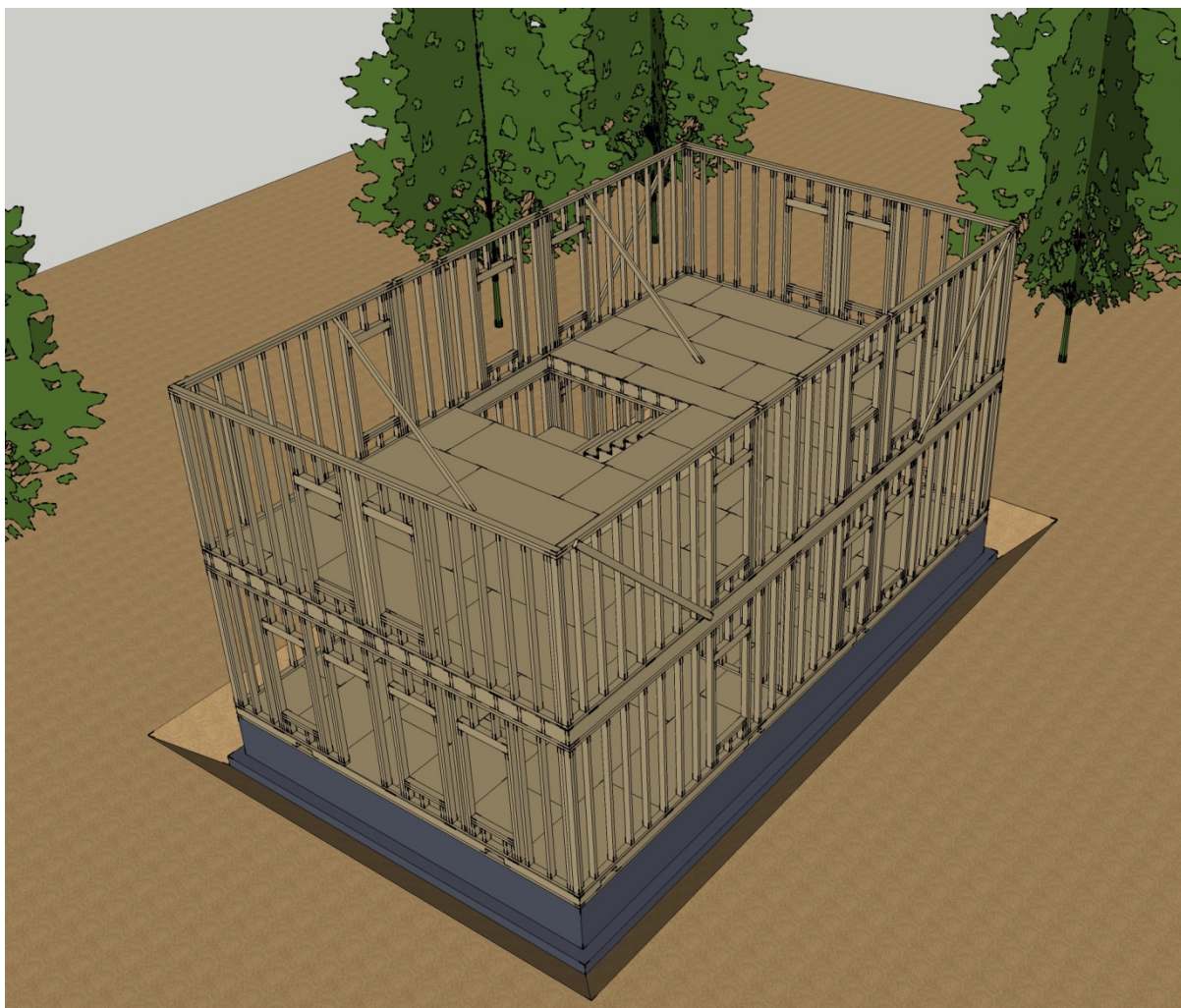


Fig. 12-33 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.

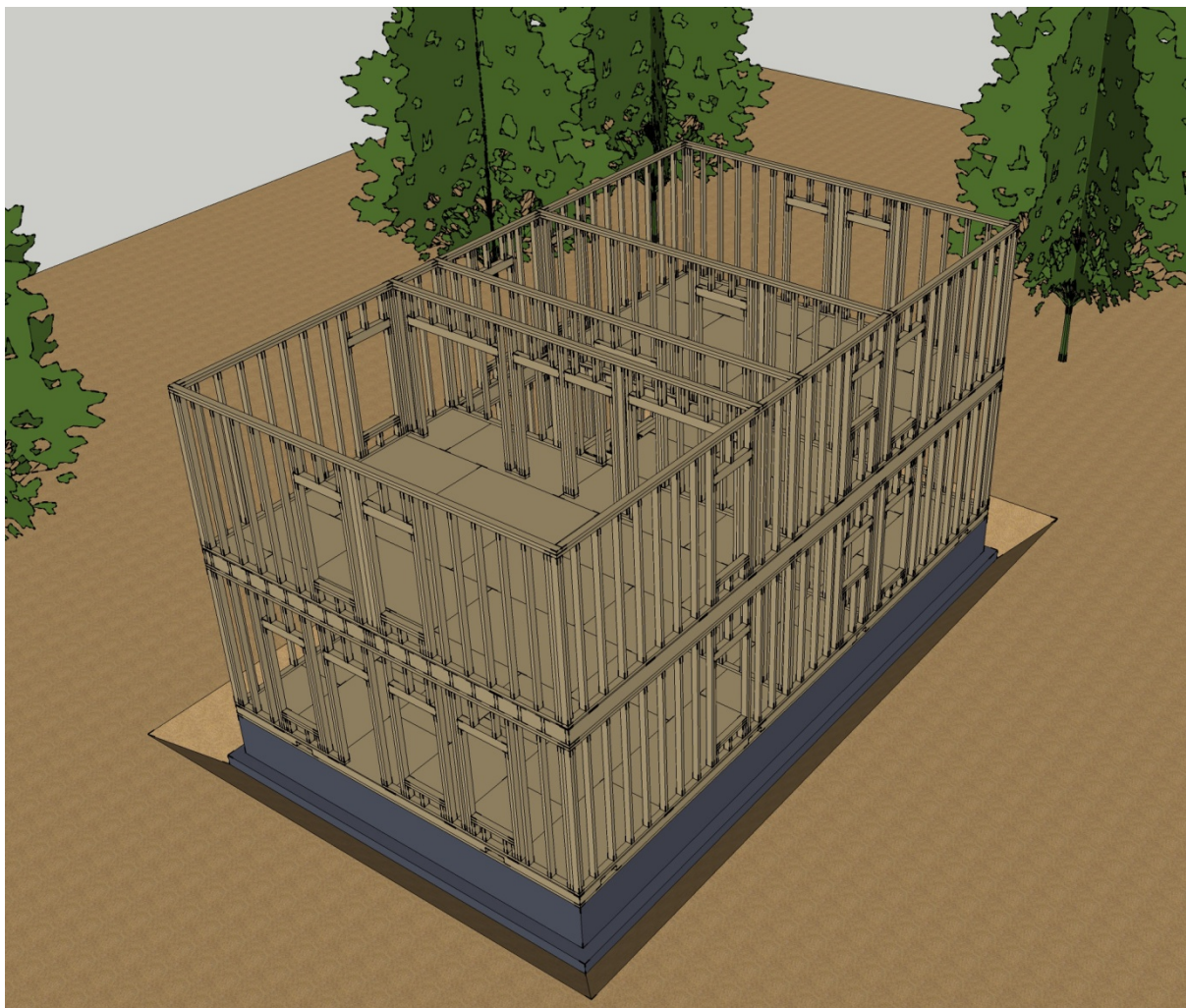


Fig. 12-34 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.

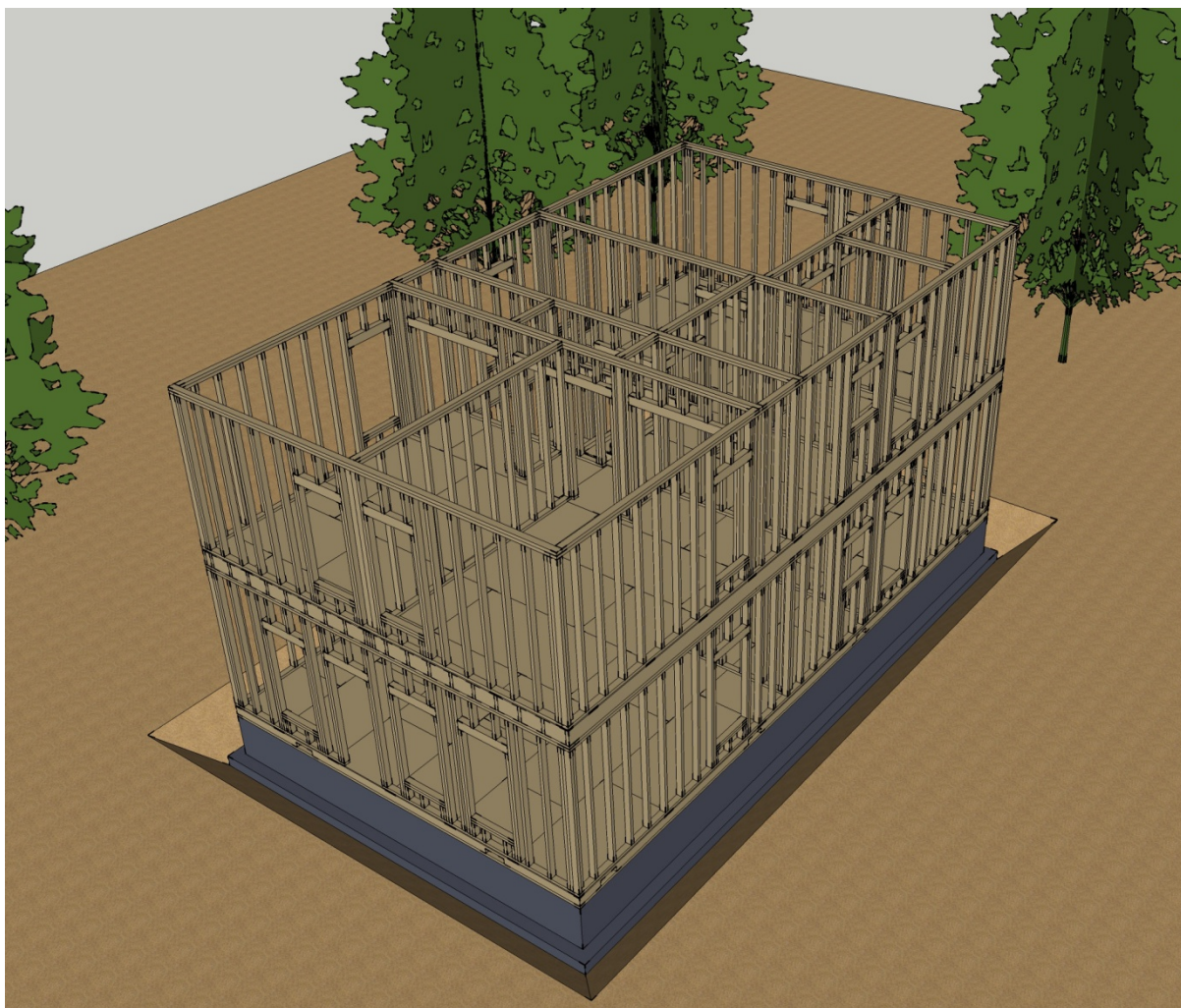


Fig. 12-35 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.

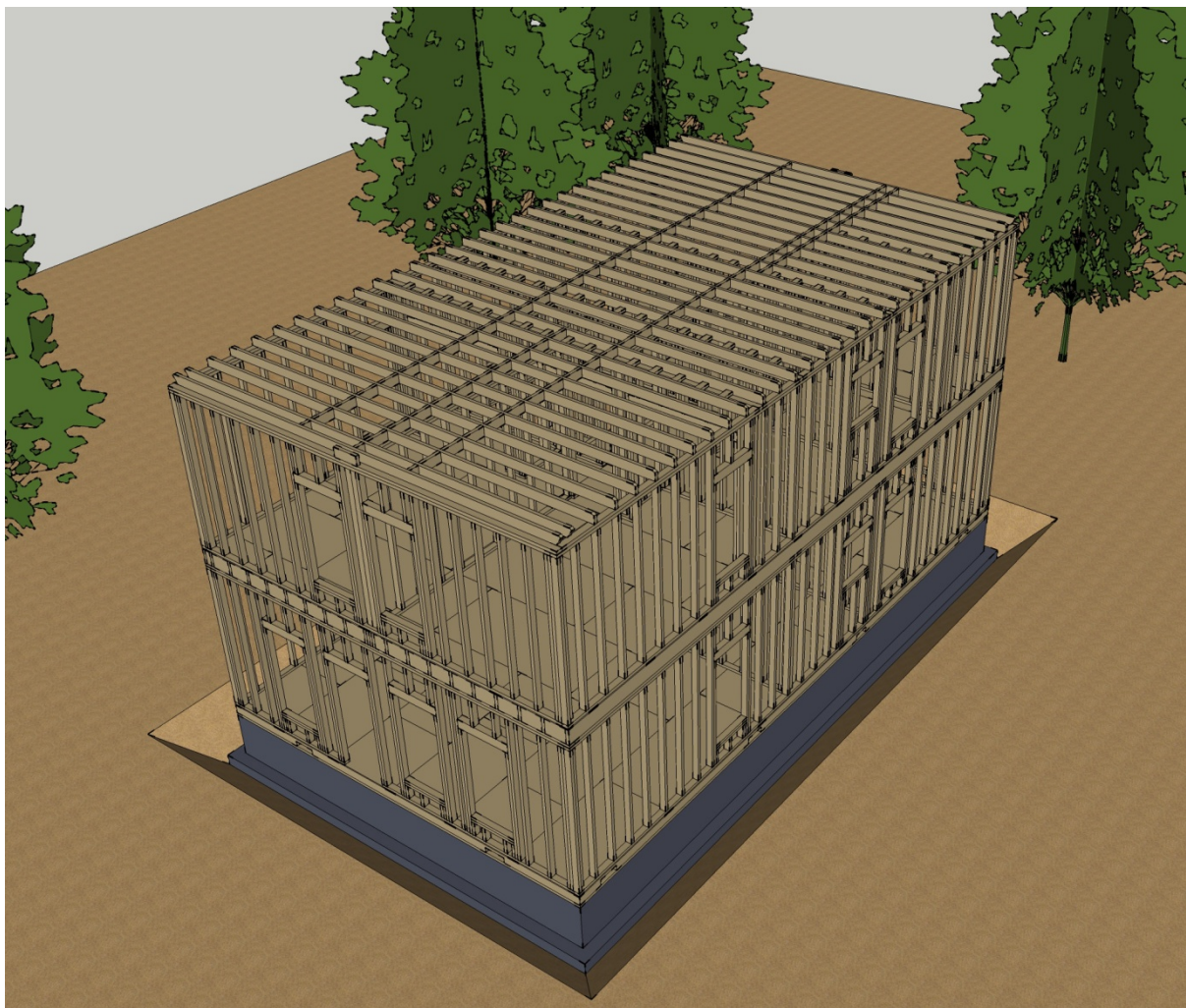


Fig. 12-36 Montagem de vigotas de tecto e tarugos.

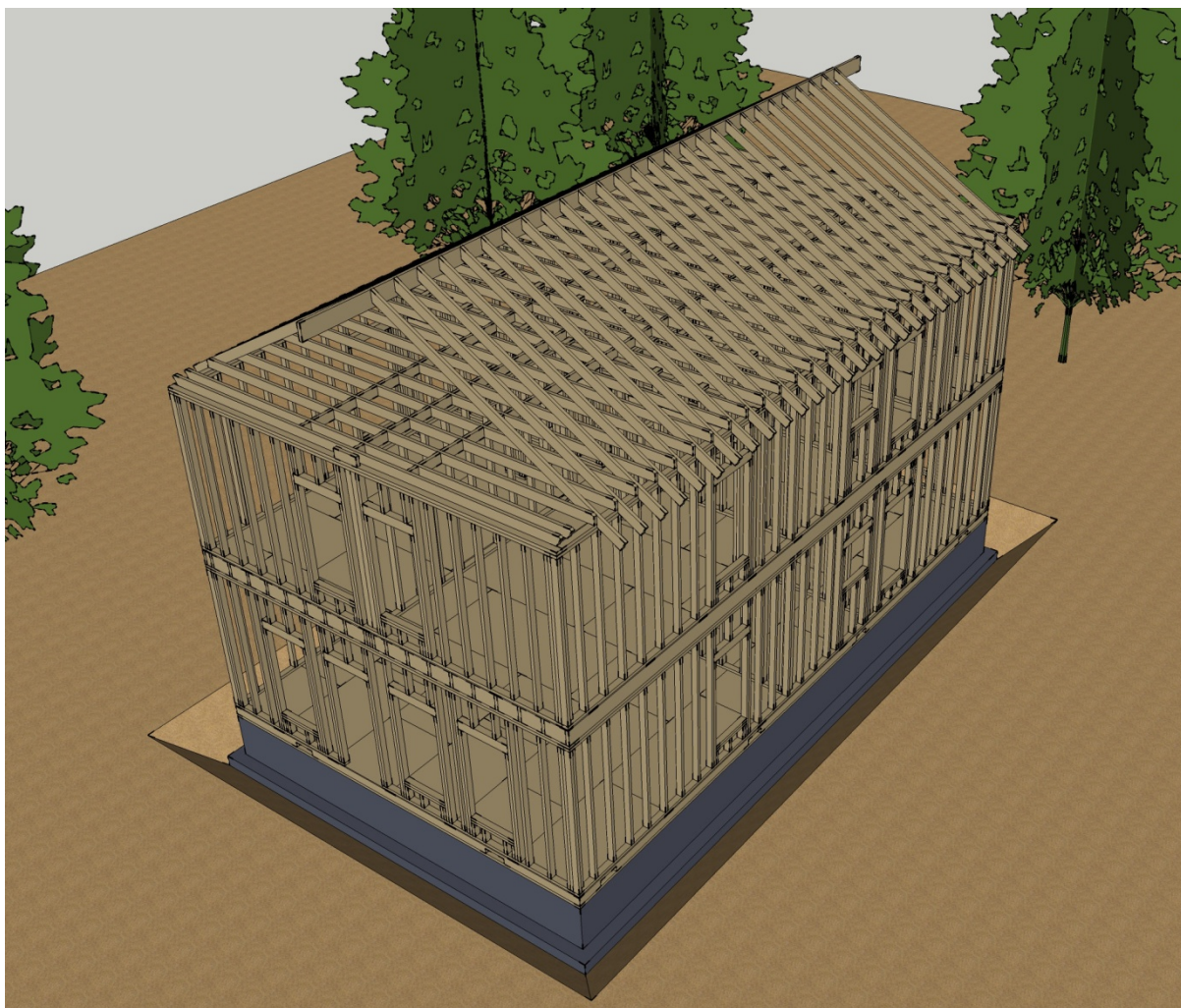


Fig. 12-37 Montagem das varas e vigota de cumeeira.

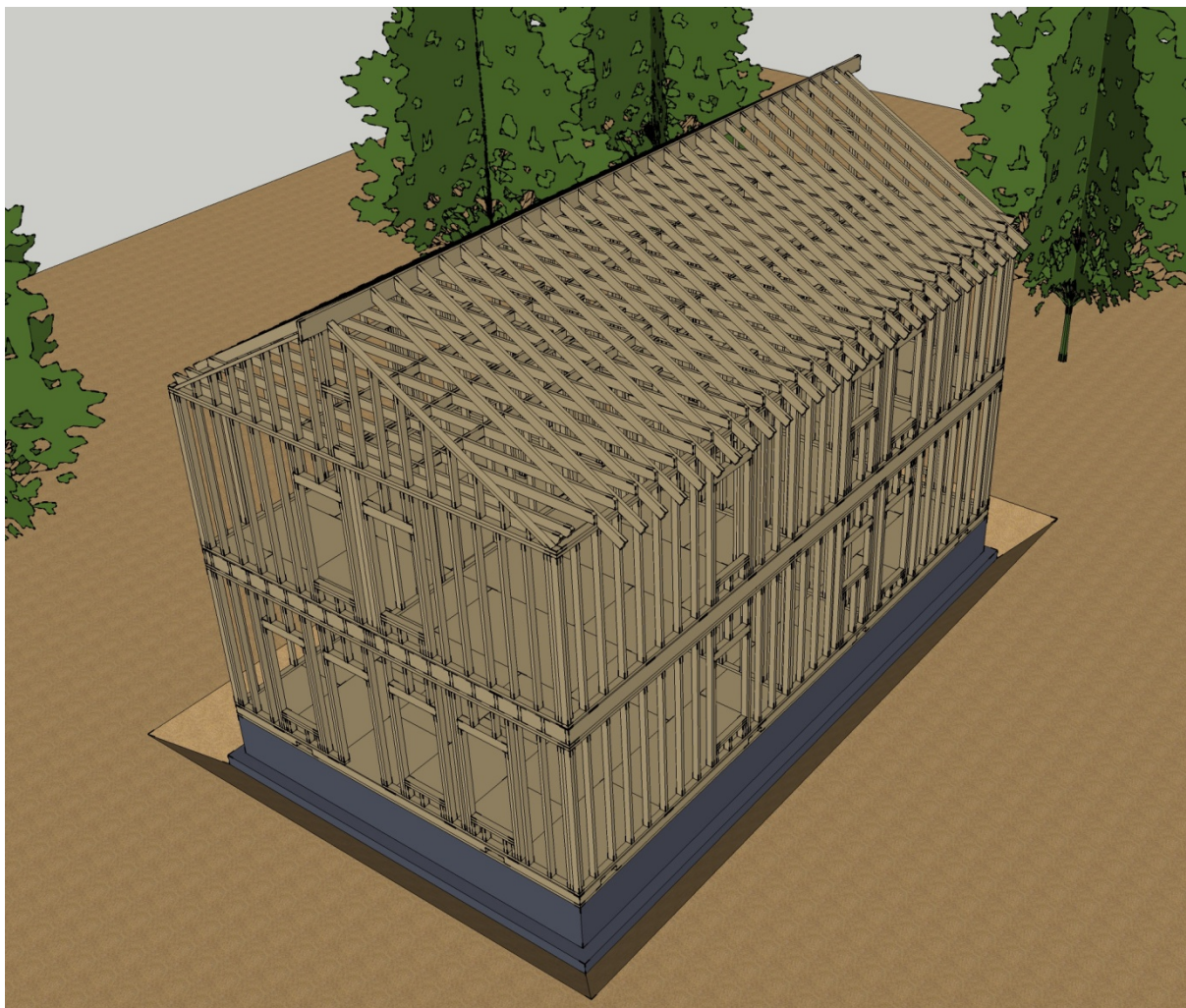


Fig. 12-38 Montagem de paredes de fecho da empena.

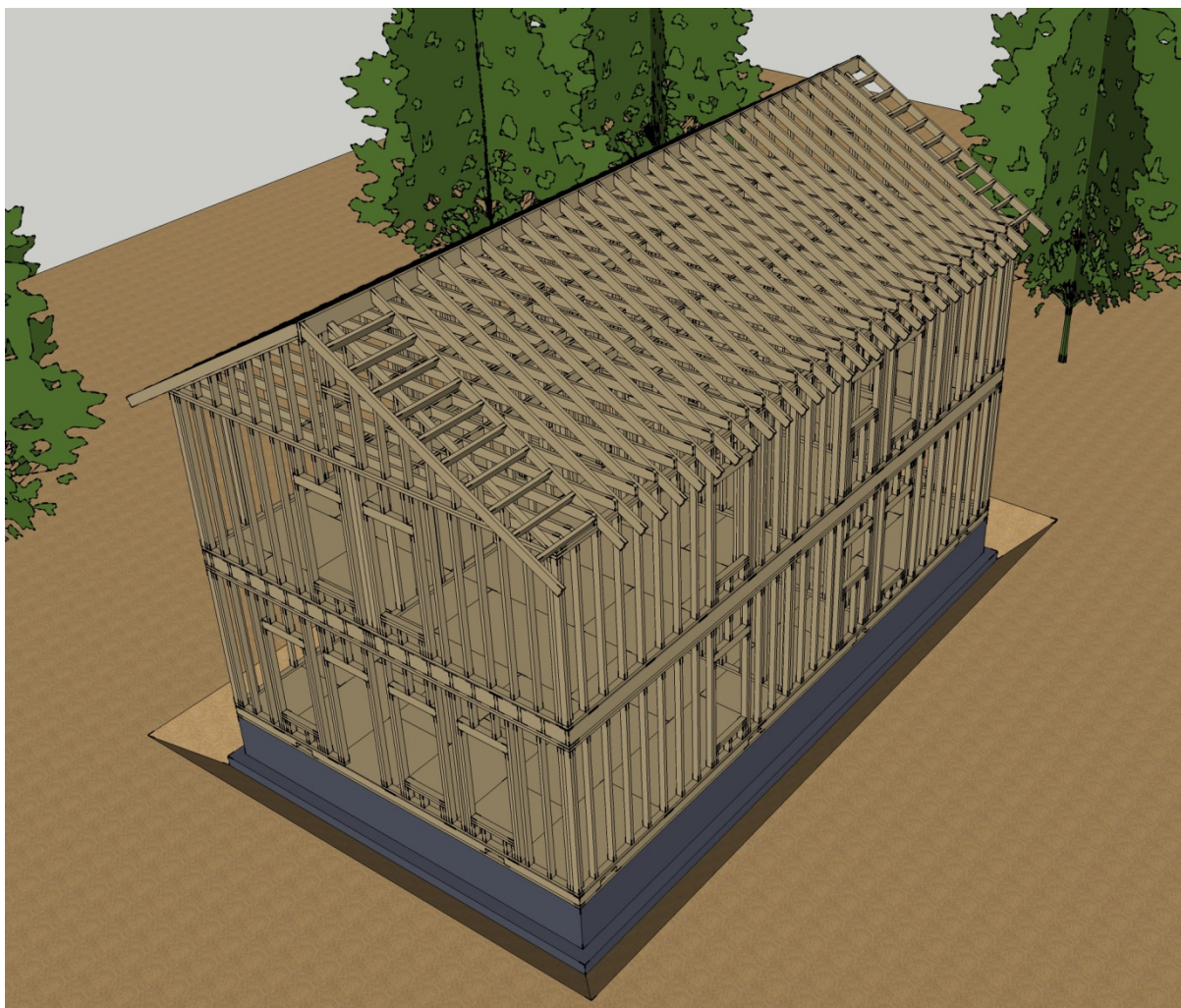


Fig. 12-39 Montagem da armação em escada para formação do beirado nas empenas.

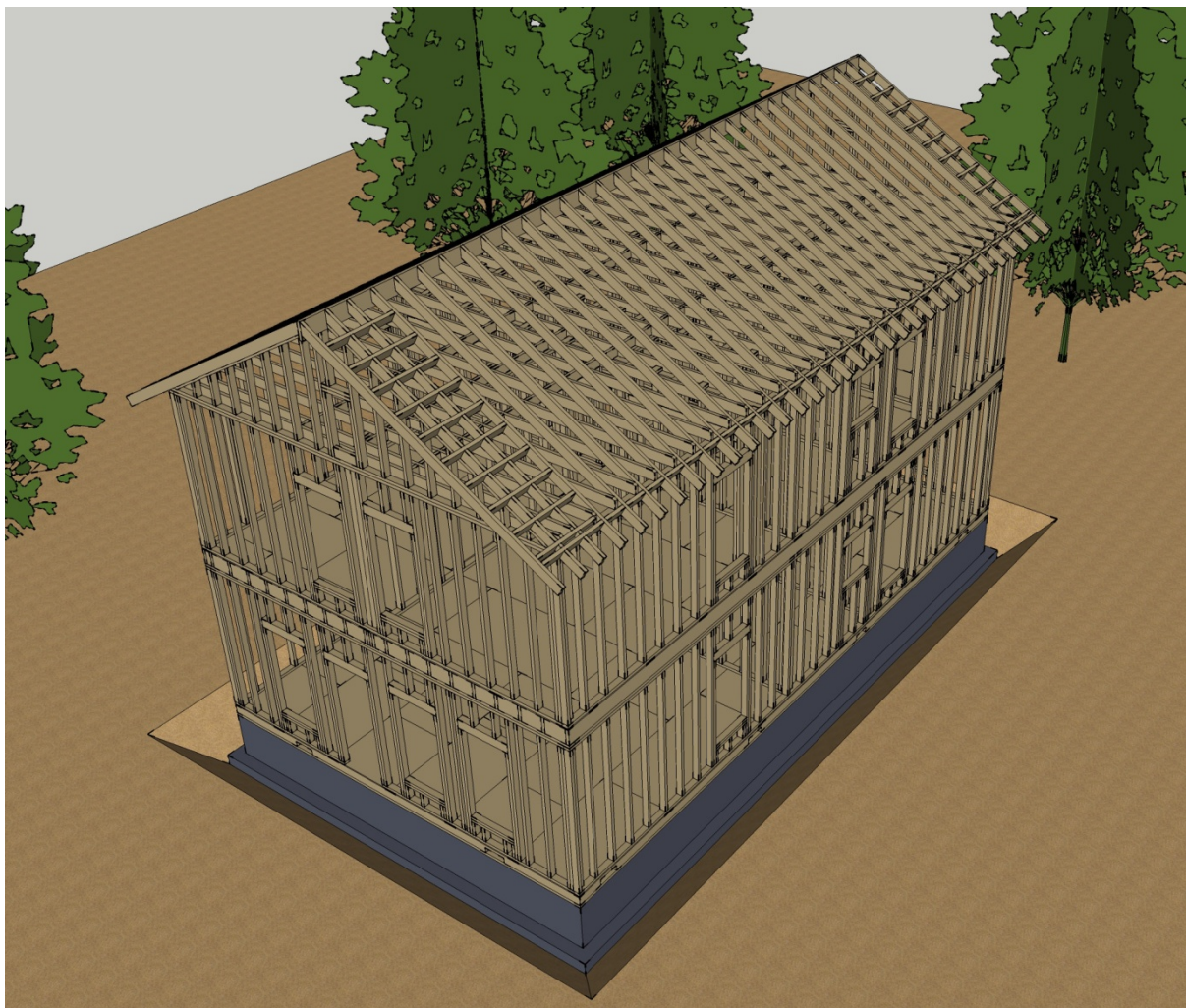


Fig. 12-40 Montagem de tarugos no alinhamento das paredes exteriores.

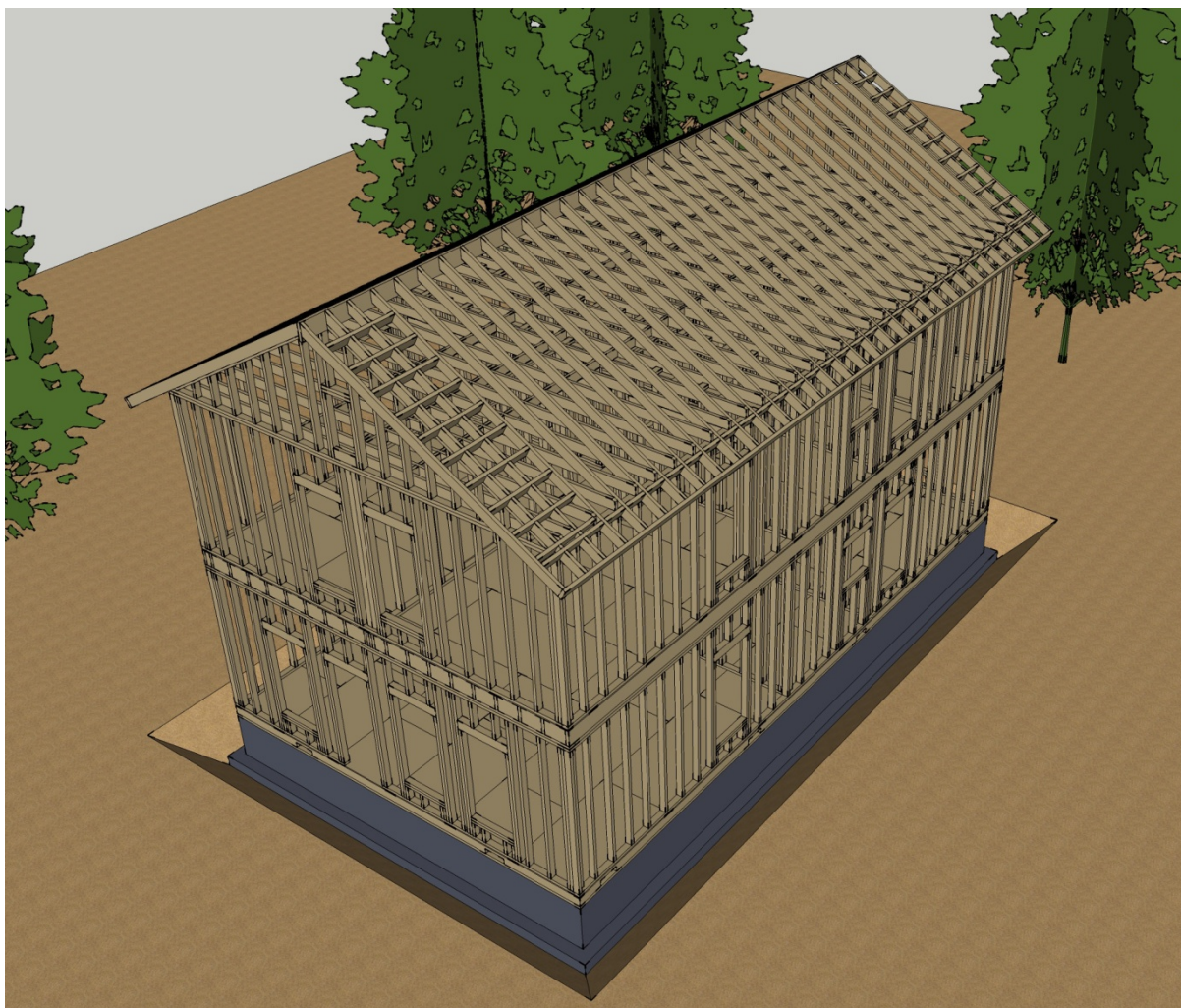


Fig. 12-41 Montagem da *fascia*.

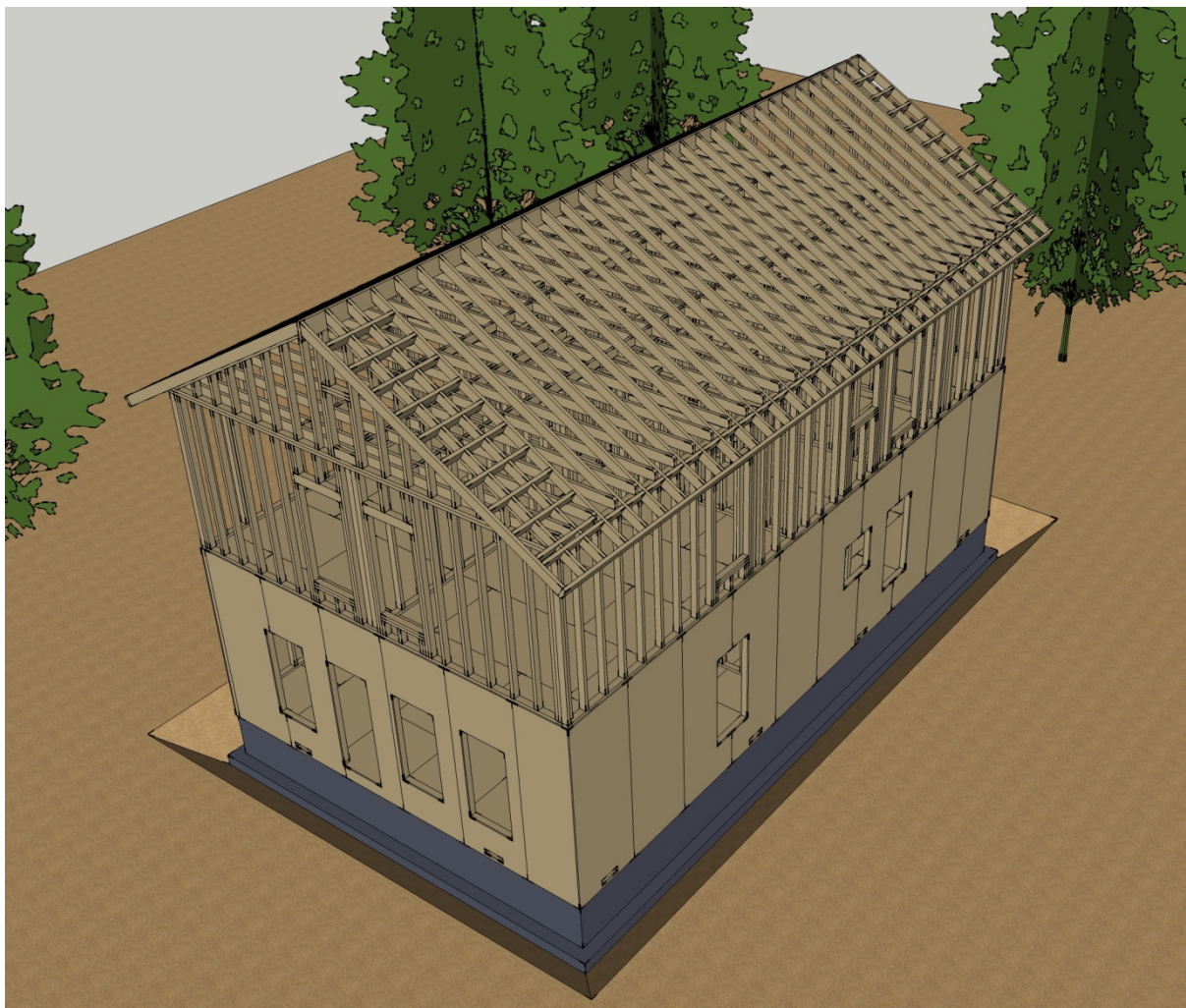


Fig. 12-42 Montagem do forro estrutural das paredes no piso térreo.

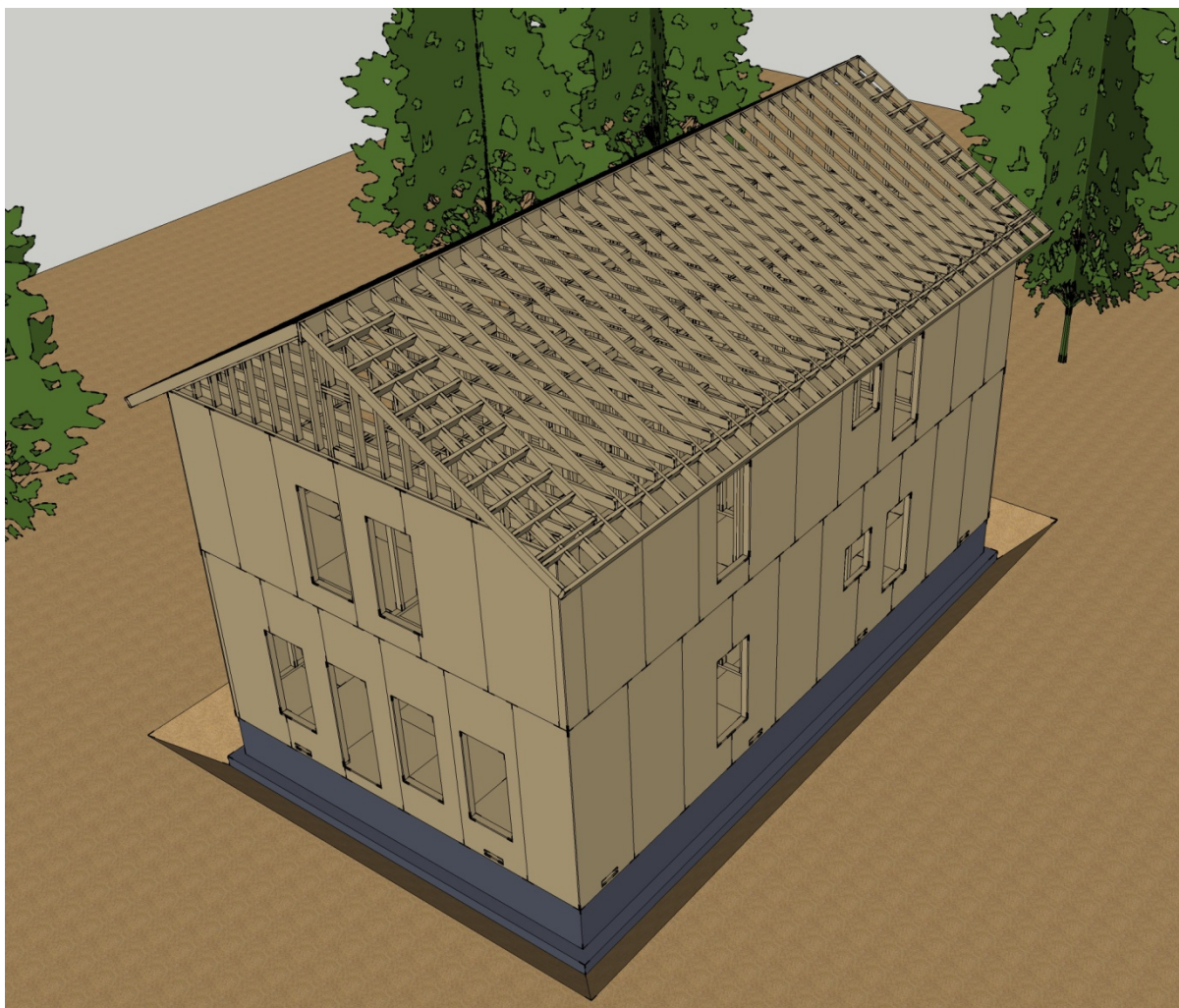


Fig. 12-43 Montagem do forro estrutural das paredes no piso elevado.

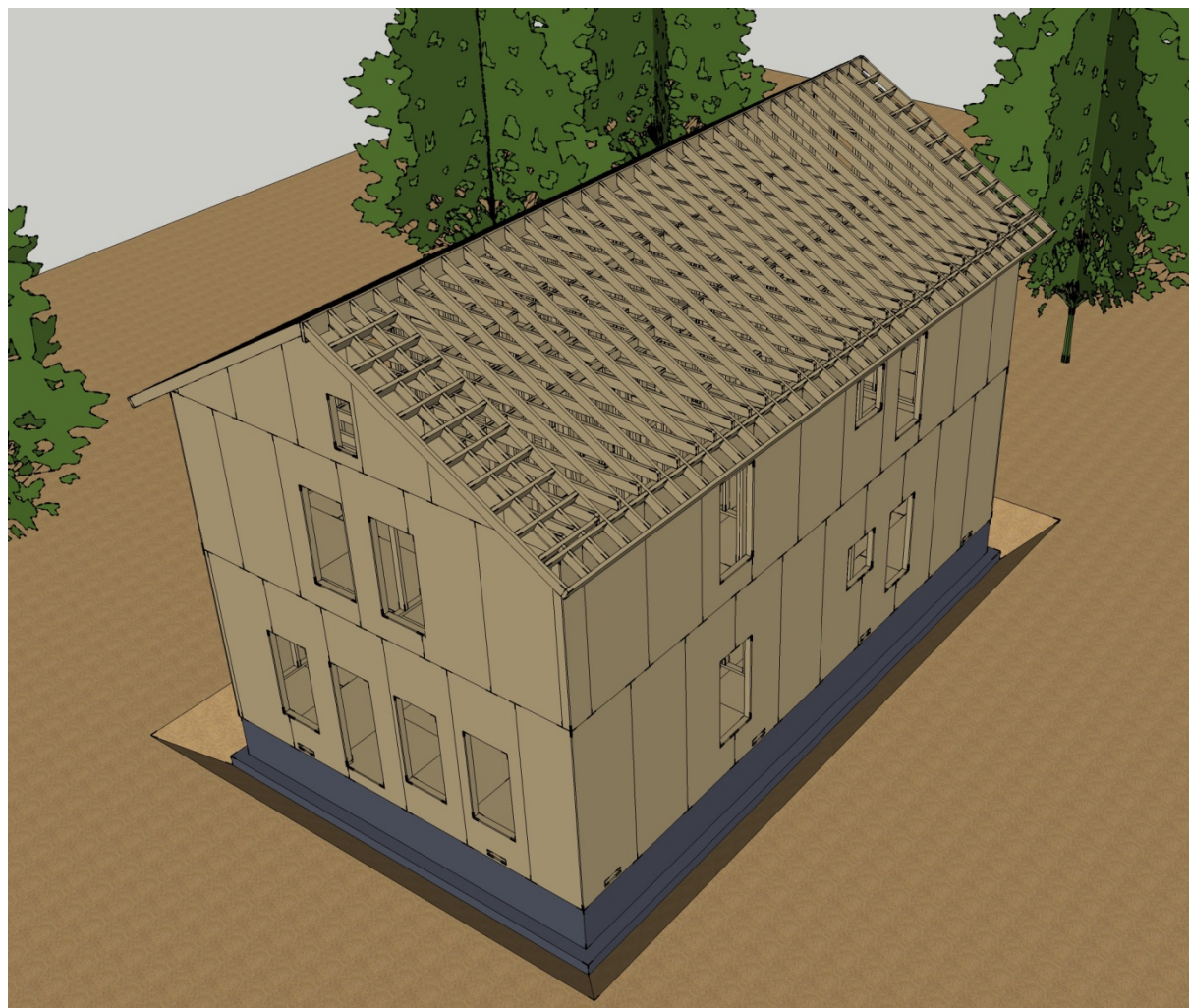


Fig. 12-44 Montagem do forro estrutural das paredes de fecho da empena.

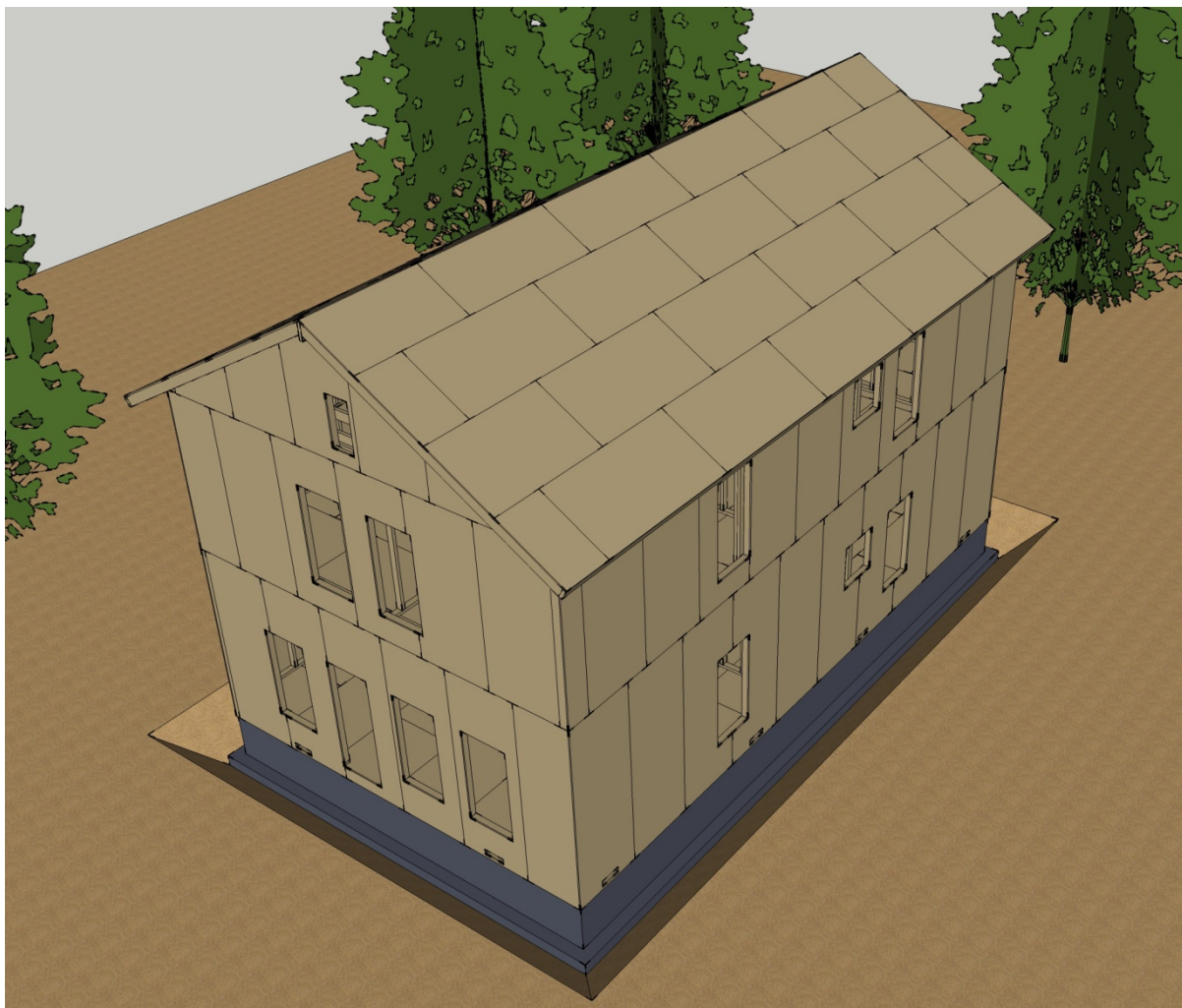


Fig. 12-45 Montagem do forro estrutural da cobertura.



Fig. 12-46 Montagem dos vãos exteriores.



Fig. 12-47 Aplicação da impermeabilização da cobertura.



Fig. 12-48 Aplicação de acabamento exterior (reboco sobre cartão asfáltico).



Fig. 12-49 Acabamento da aplicação do forro exterior, aplicação de remates em vãos e pintura.



Fig. 12-50 Aplicação de grelhas na ventilação do vazio sanitário.

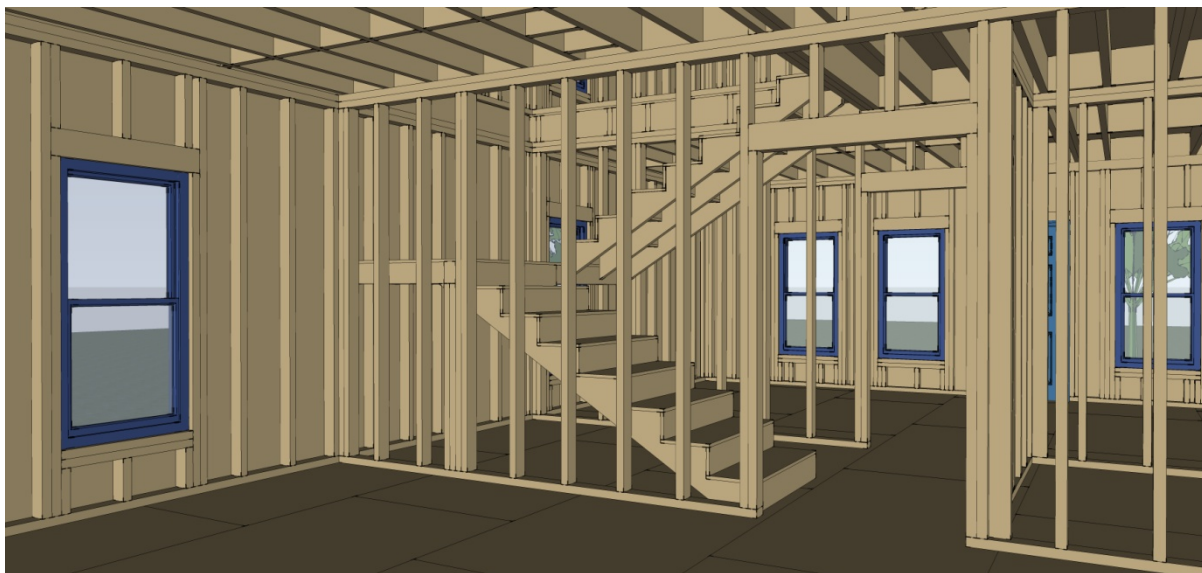


Fig. 12-51 Montagem de infraestruturas em paredes e vigotas.

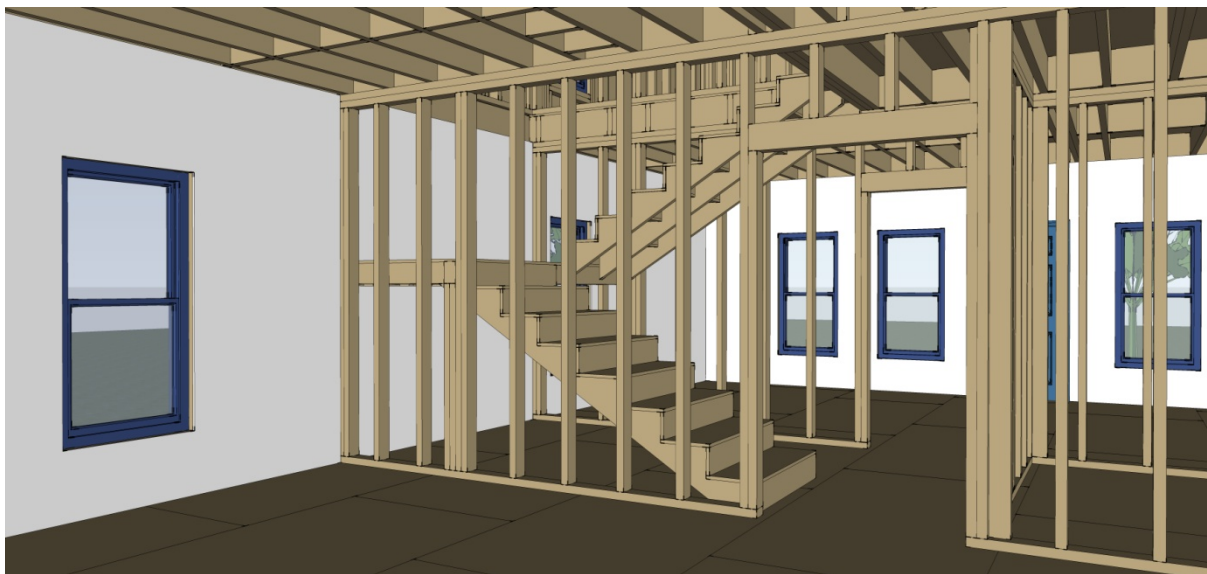


Fig. 12-52 Preenchimento das caixas de ar entre prumos com isolamento térmico e forro das paredes exteriores com painéis de gesso cartonado.

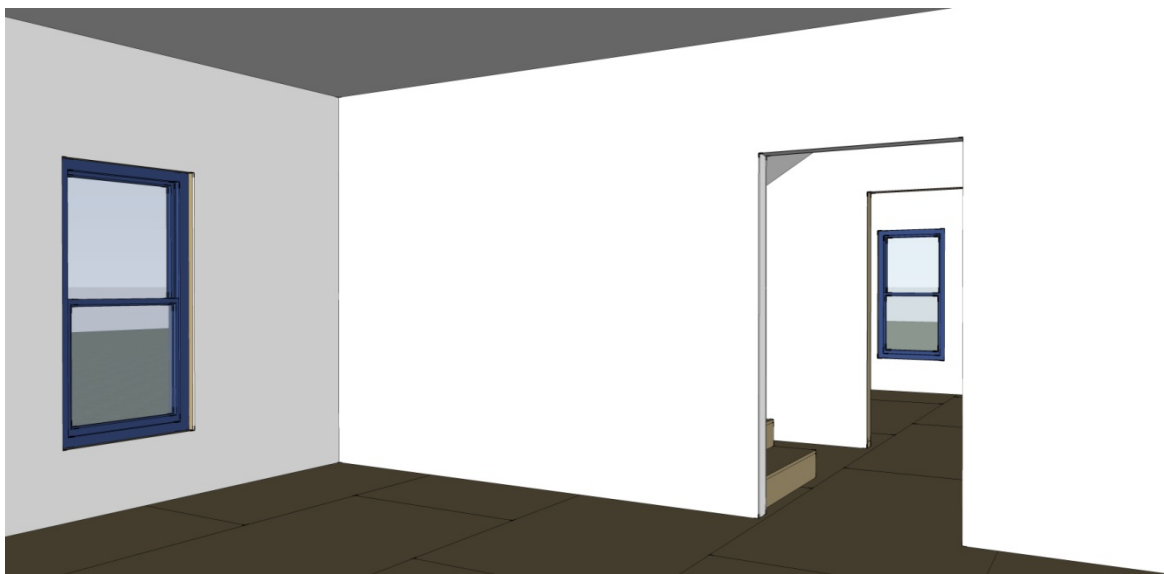


Fig. 12-53 Forro das paredes interiores e tectos com painéis de gesso cartonado e respectiva pintura, seguido da instalação do acabamento do pavimento.



Fig. 12-54 Vista em corte da cobertura com as vigotas de tecto, varas e escoras em vista. O espaço entre as vigotas de tecto é preenchido com isolamento térmico.



Fig. 12-55 Vista em corte do piso superior: três quartos, duas instalações sanitárias e armário.



Fig. 12-56 Vista em corte do piso térreo: sala de estar, zona de cozinha e sala de jantar e instalação sanitária.



Fig. 12-57 Vista em corte pela sala de estar e quartos.

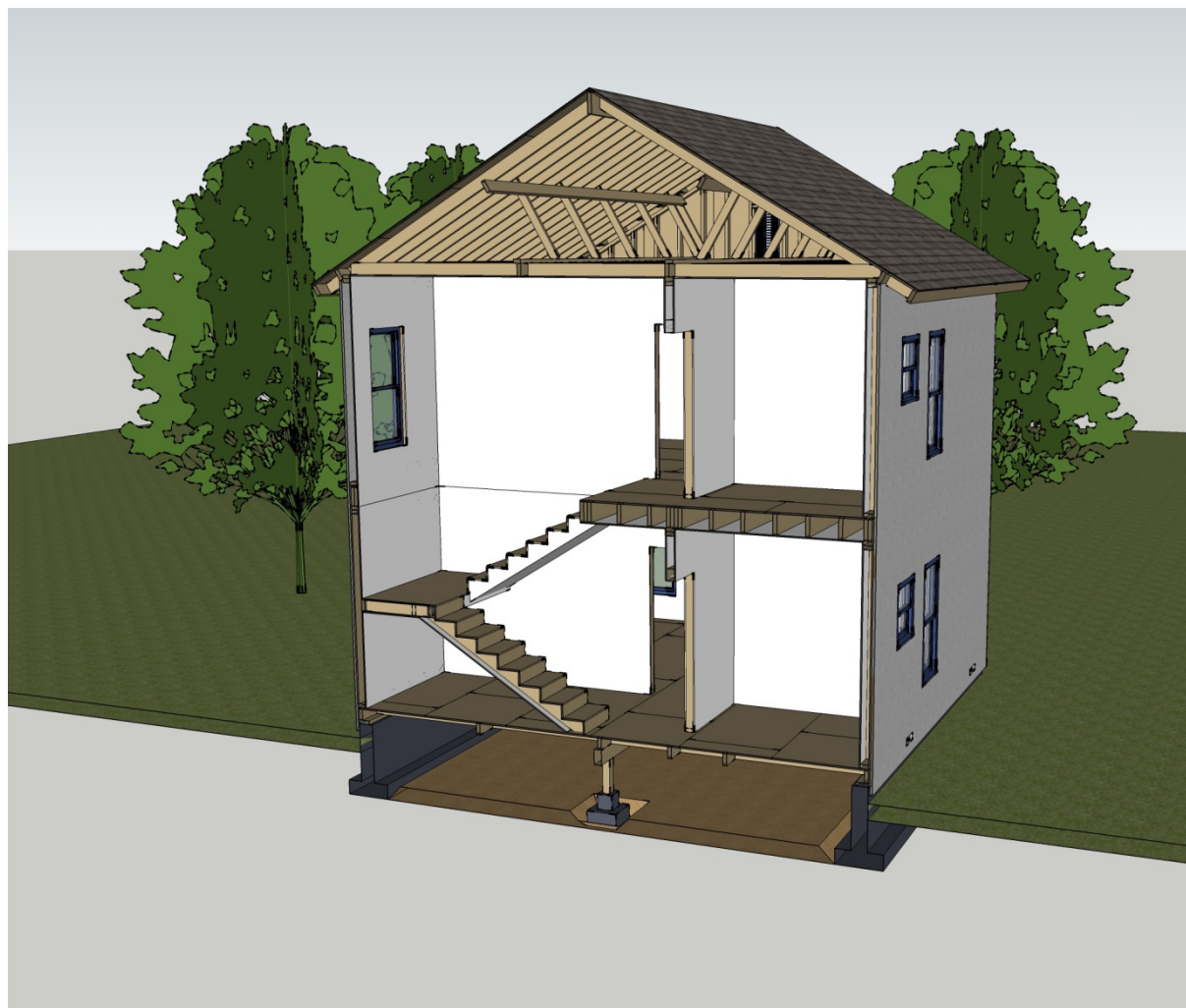


Fig. 12-58 Vista em corte pelas escadas.



Fig. 12-59 Vista em corte pela sala de jantar e quarto.



Fig. 12-60 Vista em corte longitudinal.



Fig. 12-61 Vista em corte longitudinal.

12.1.2 Exemplo nº2



Fig. 12-62 Vista geral da moradia exemplo nº2.

Esta moradia desenvolve-se em piso térreo e corresponde a um T3. A moradia tem cerca de 6,5m de largura por 26,5m de comprimento.

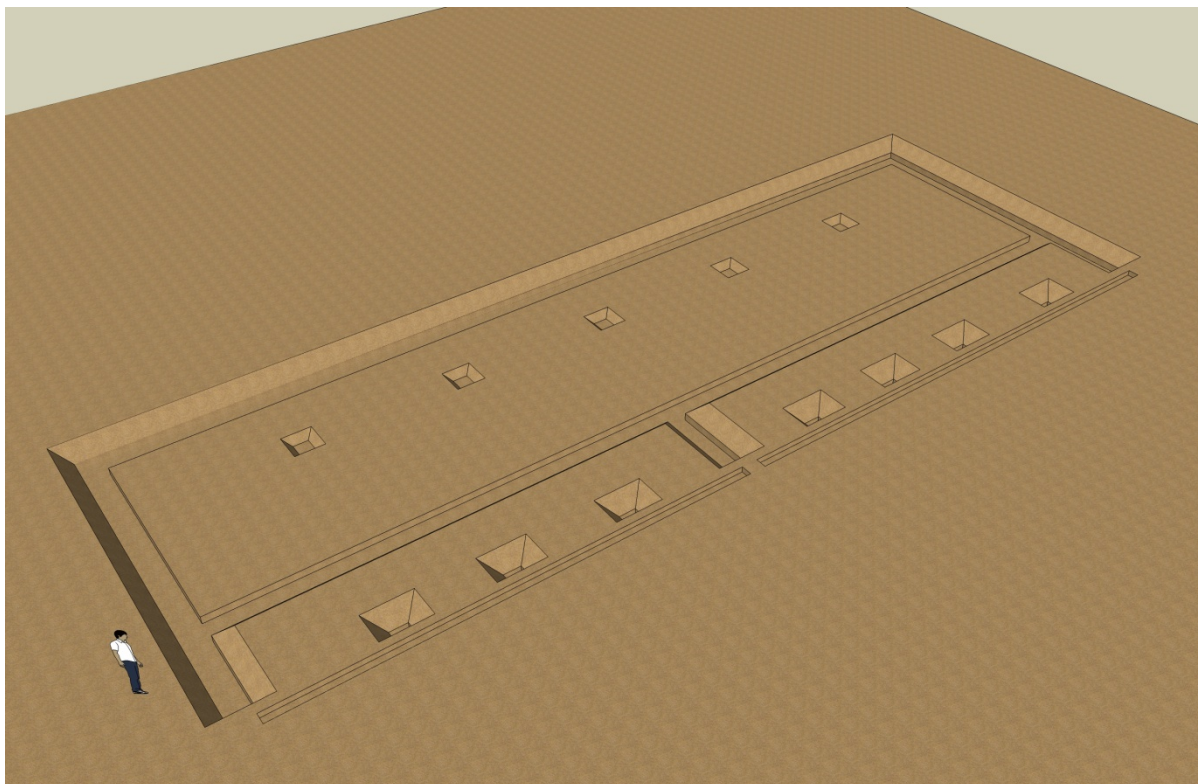


Fig. 12-63 Abertura de valas de fundação.

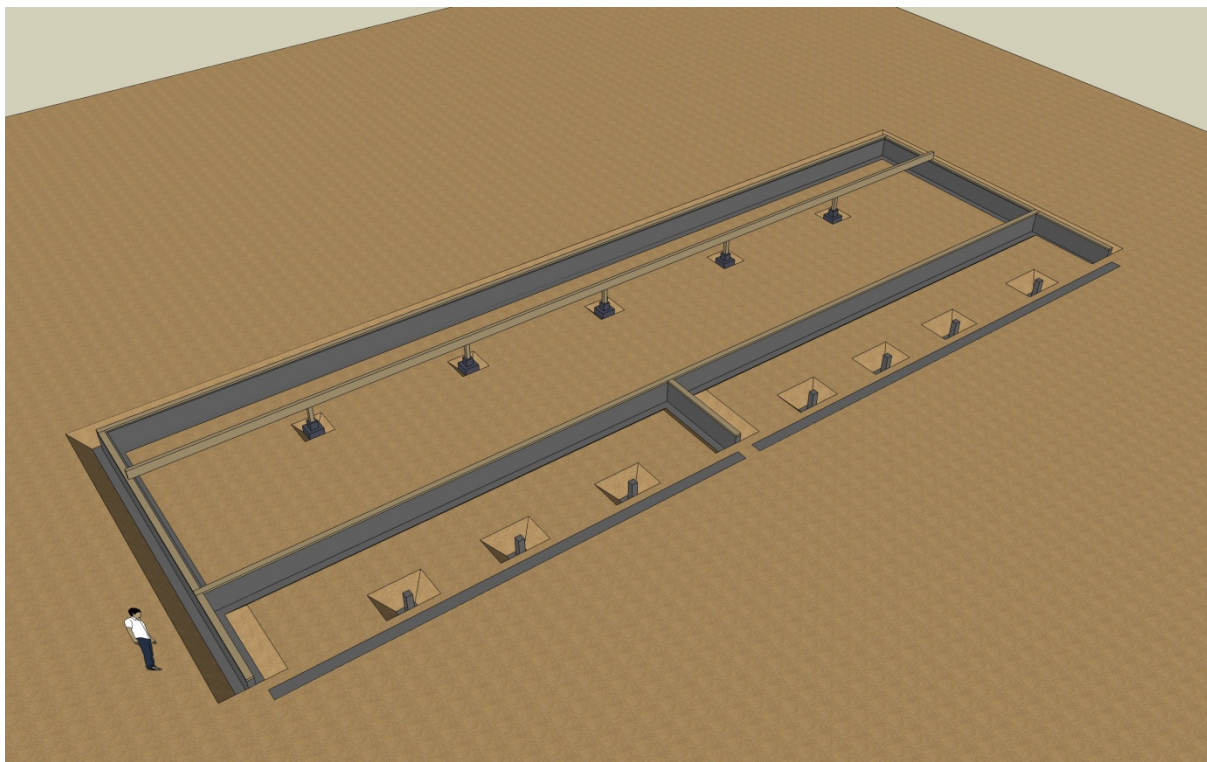


Fig. 12-64 Execução das fundações (fundação corrida e sapatas), frechal e viga.

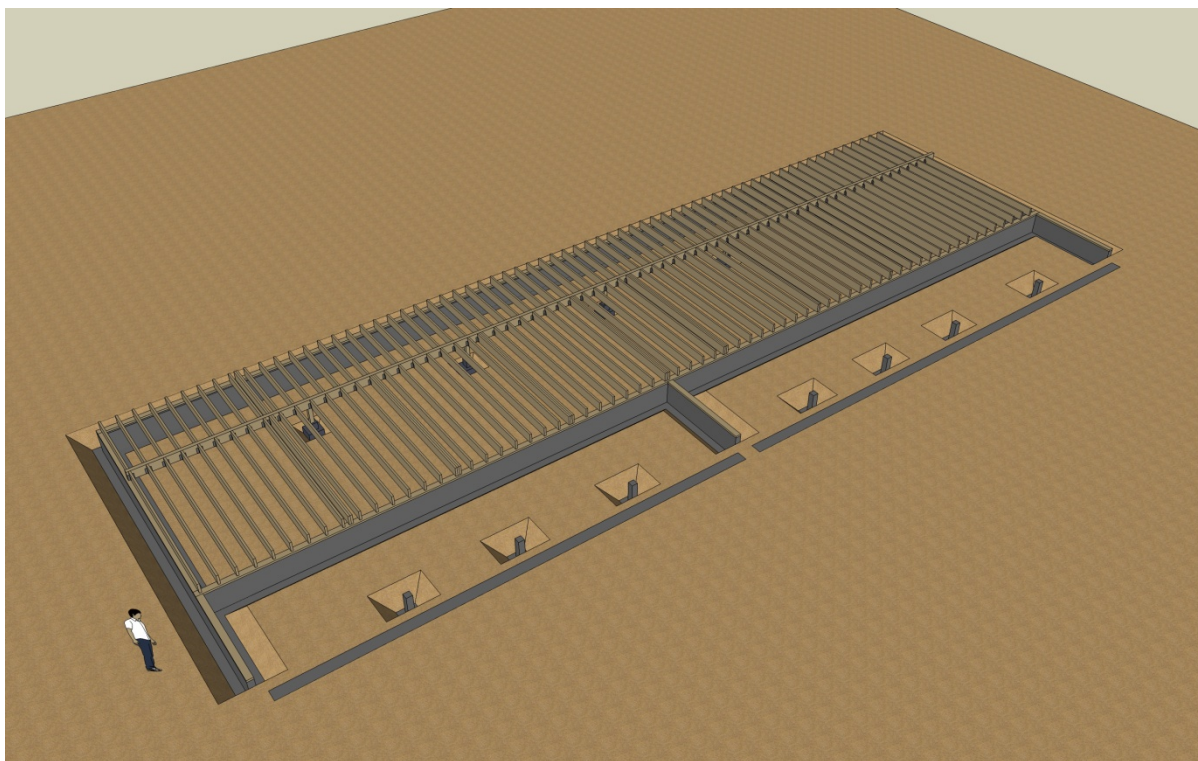


Fig. 12-65 Montagem das vigotas de pavimento.

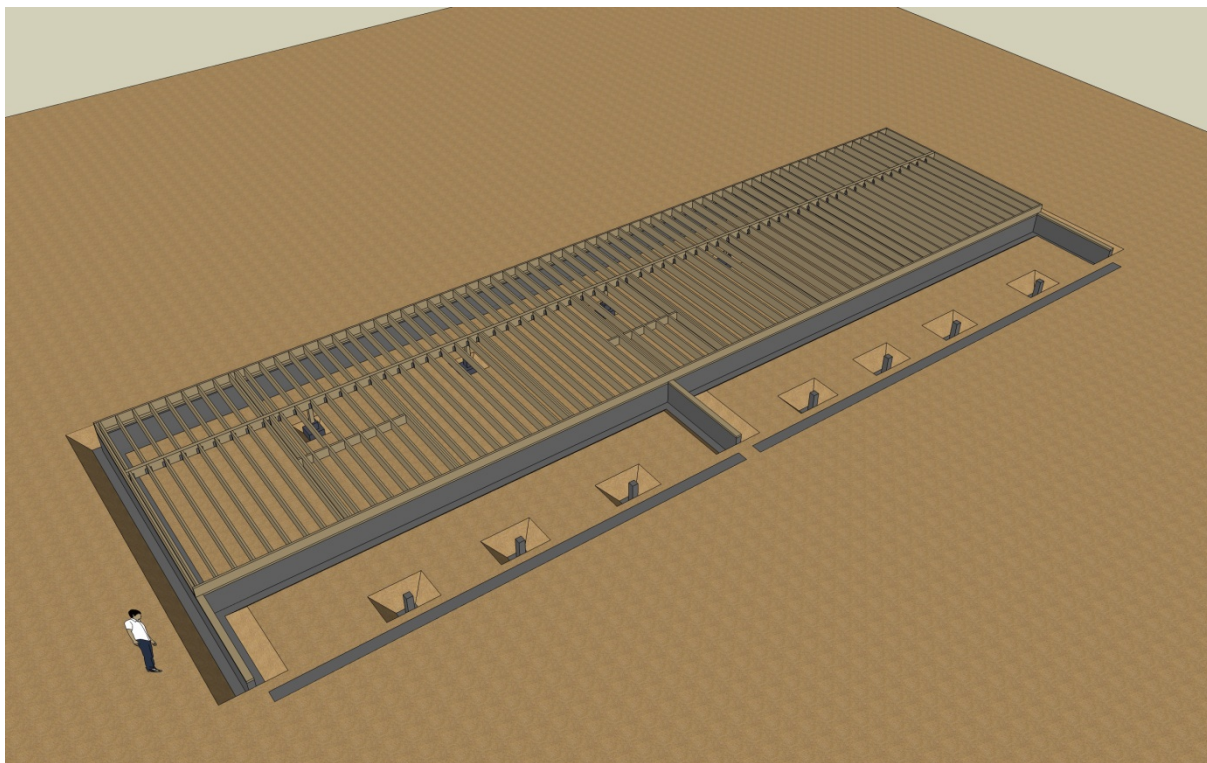


Fig. 12-66 Montagem dos tarugos.

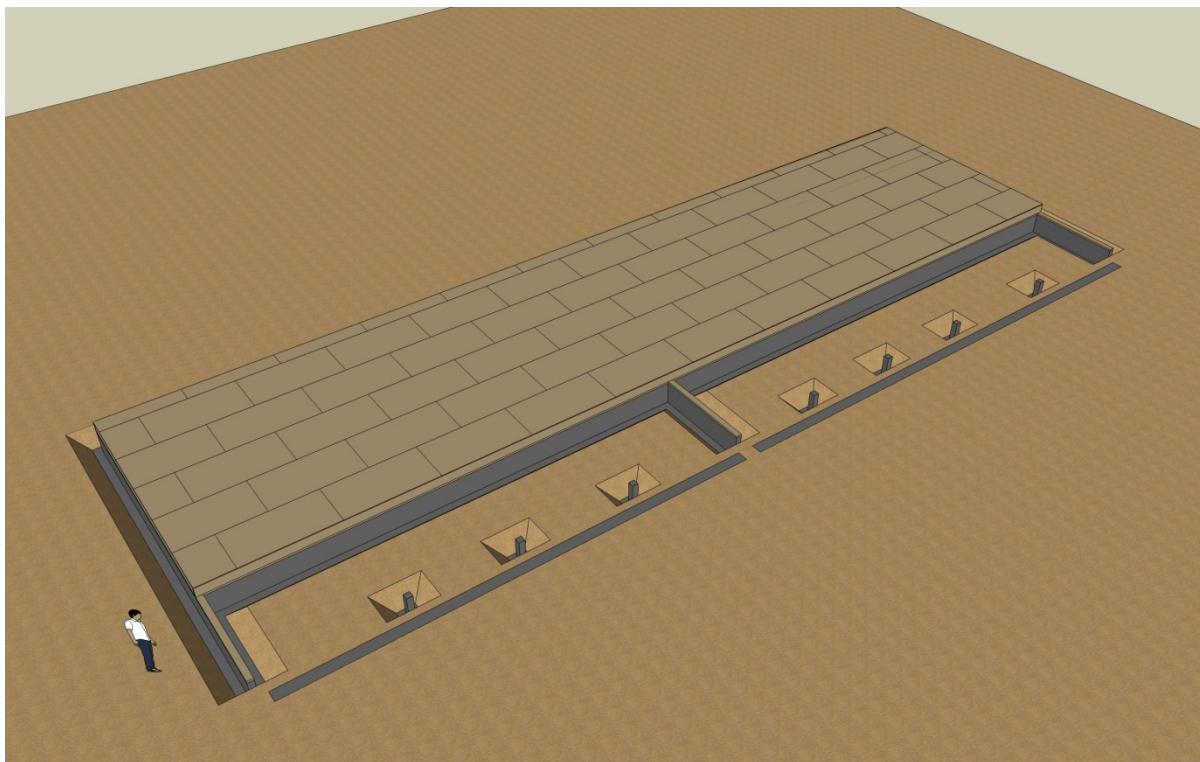


Fig. 12-67 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma.

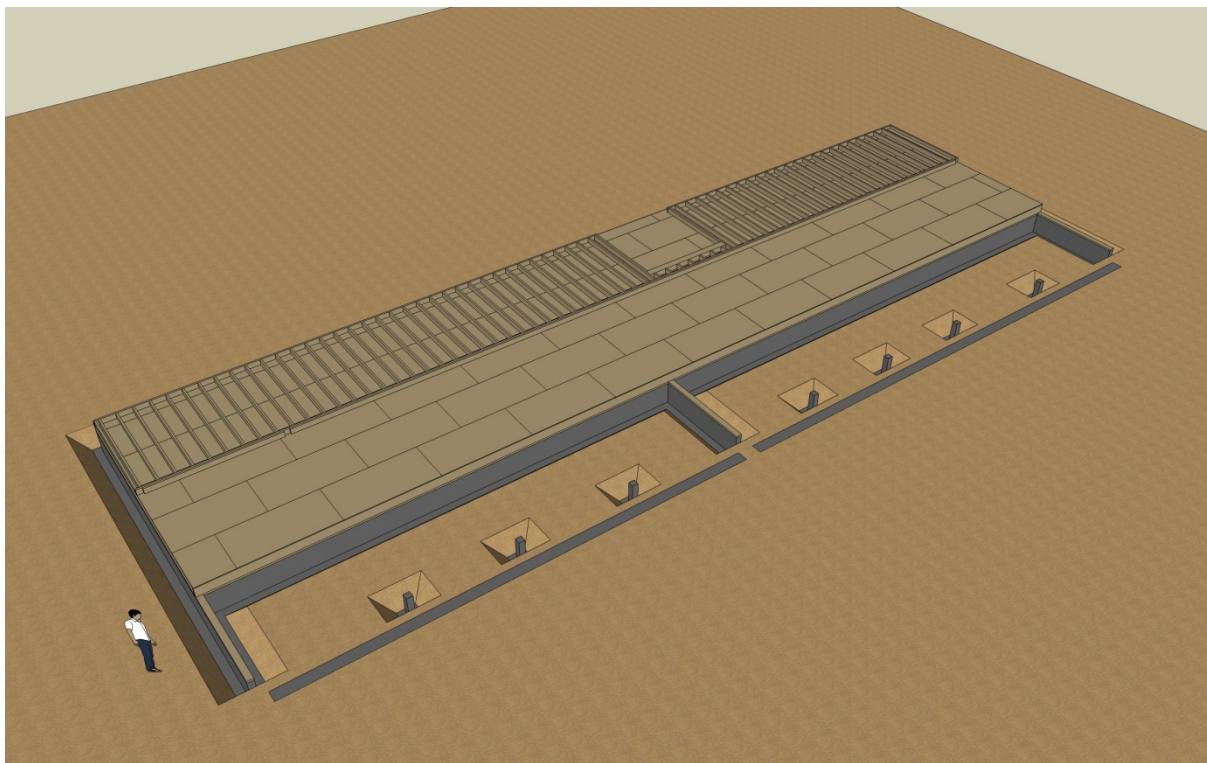


Fig. 12-68 Montagem de parede exterior sobre o pavimento.

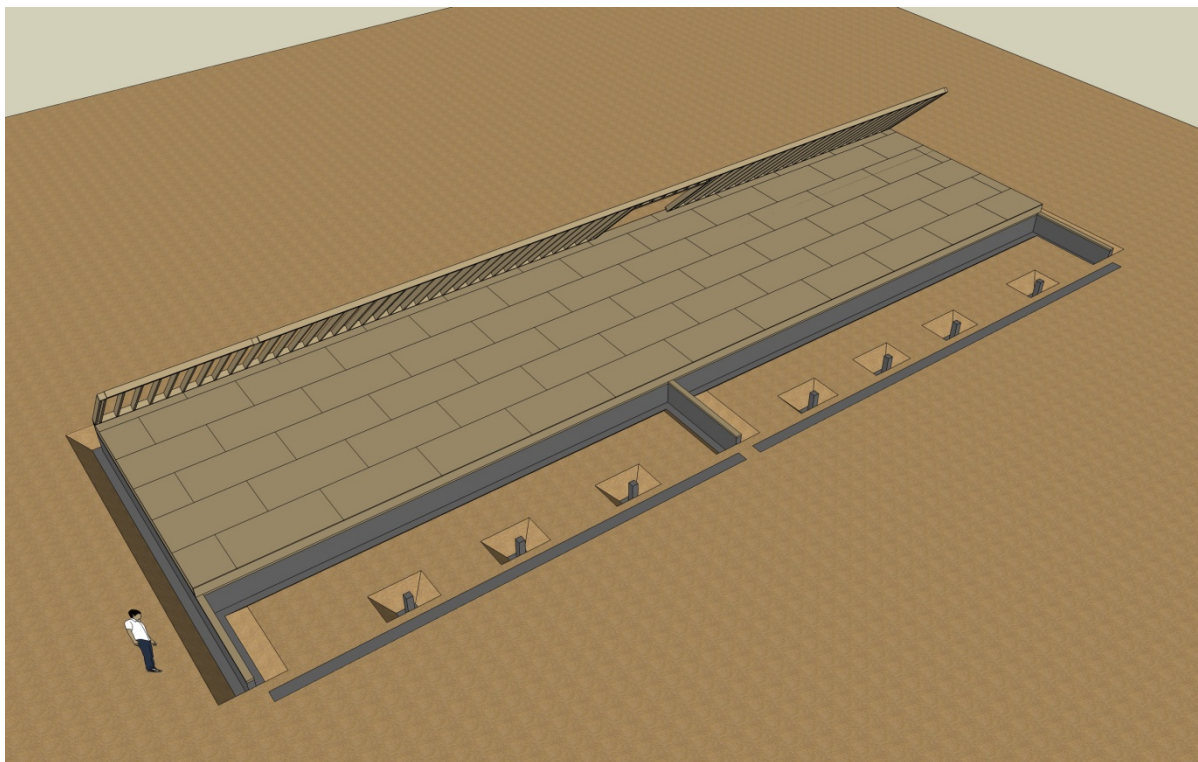


Fig. 12-69 Levantamento manual da parede exterior. Uma parede com este comprimento seria feita e levantada em troços. A colocação da segunda travessa superior com a parede já na vertical une os vários troços.

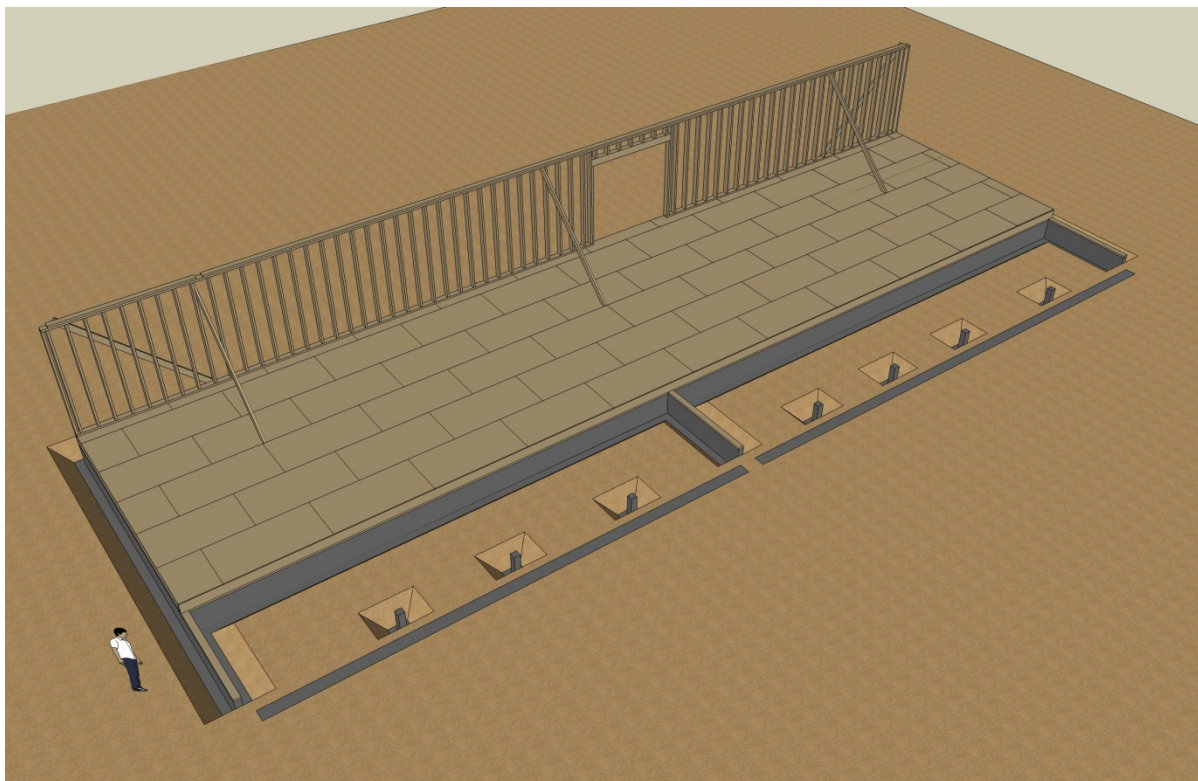


Fig. 12-70 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.

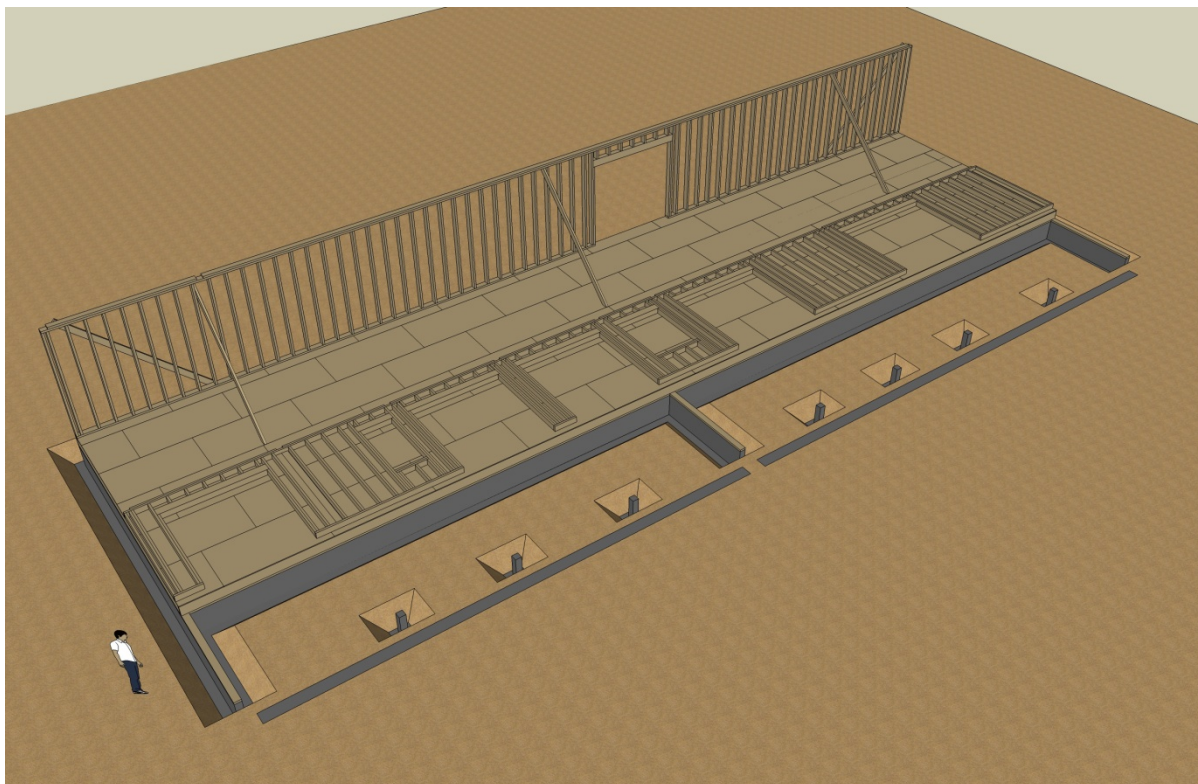


Fig. 12-71 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento.

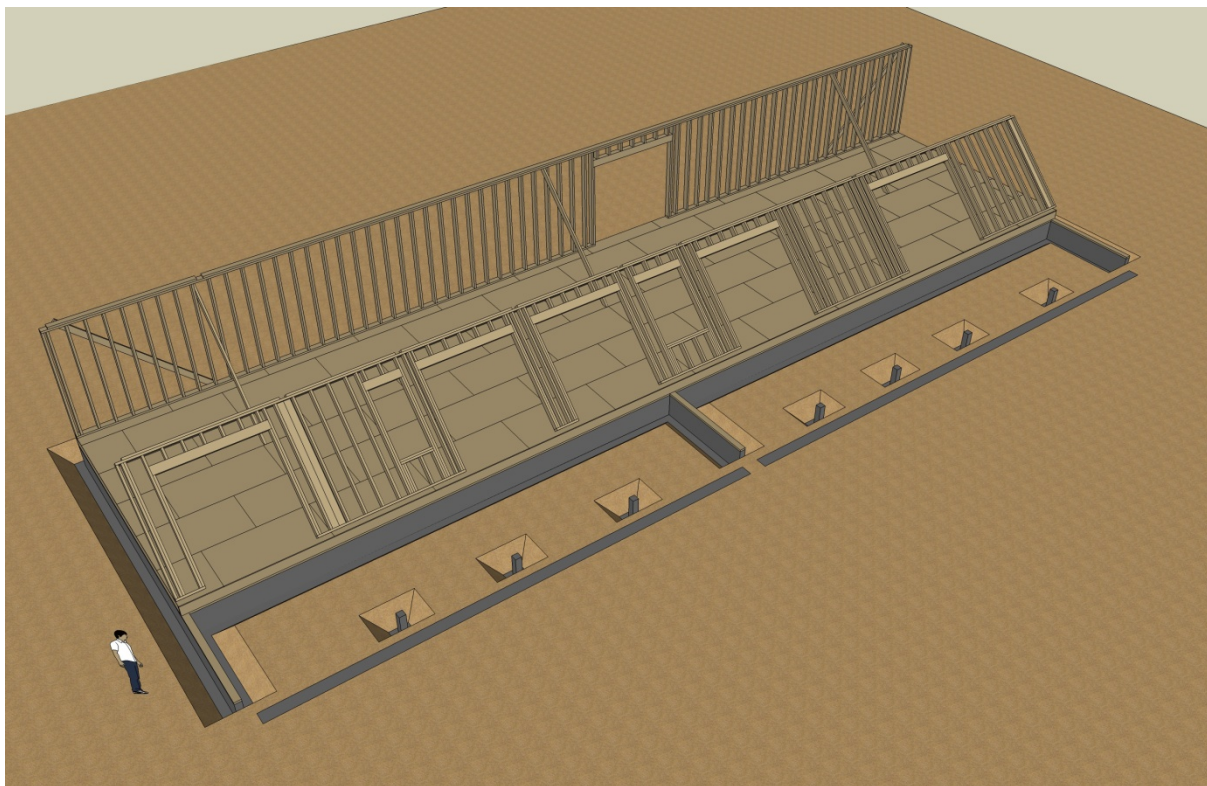


Fig. 12-72 Levantamento manual da segunda parede exterior.

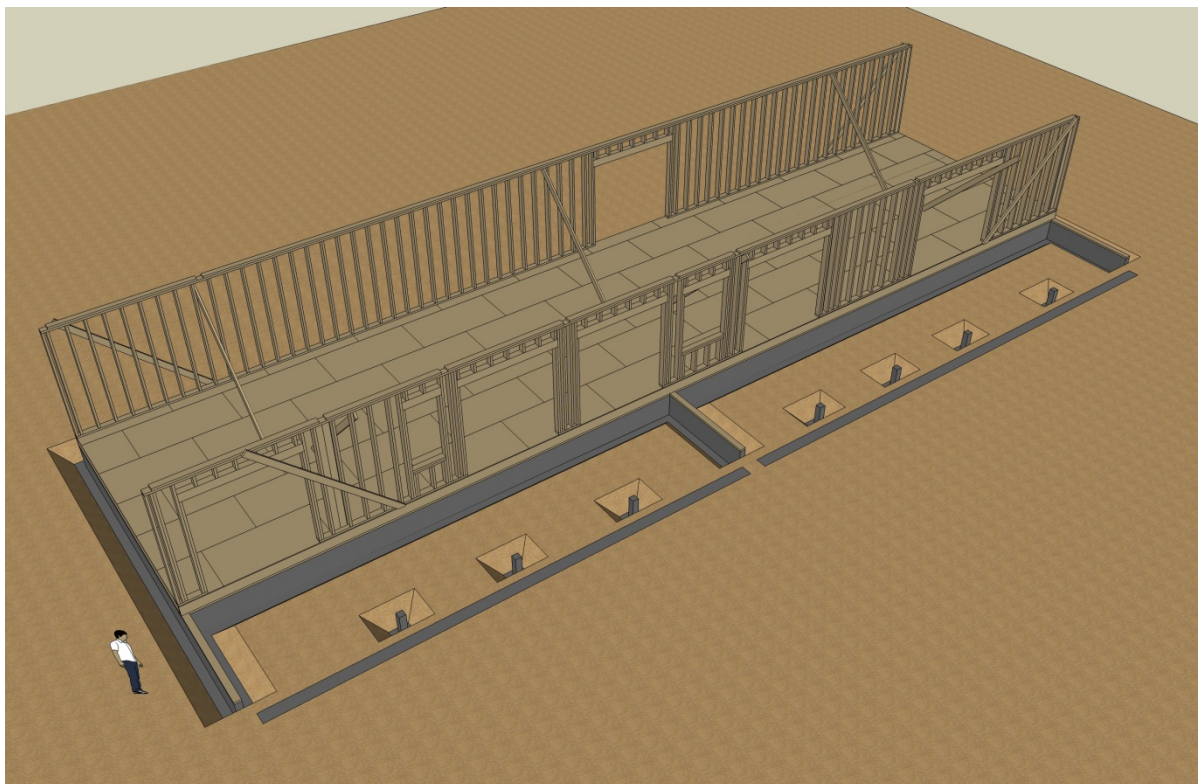


Fig. 12-73 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.

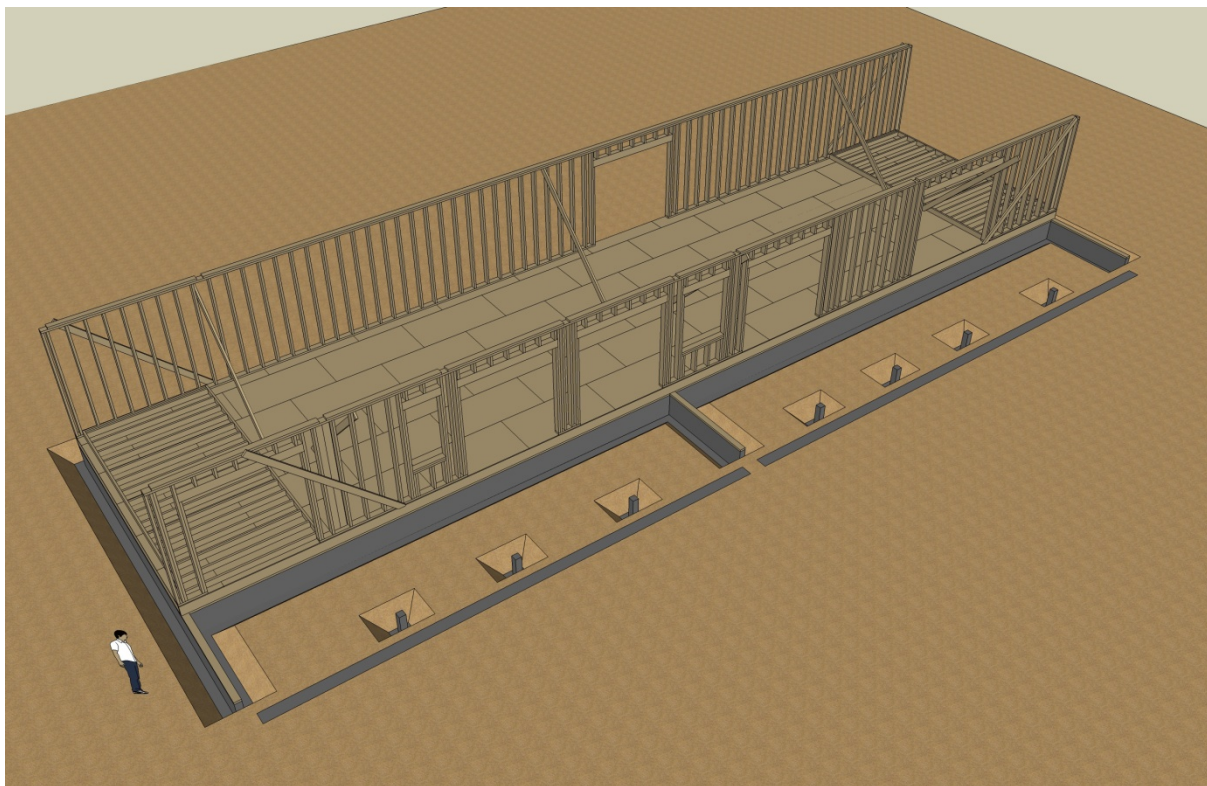


Fig. 12-74 Montagem das paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.

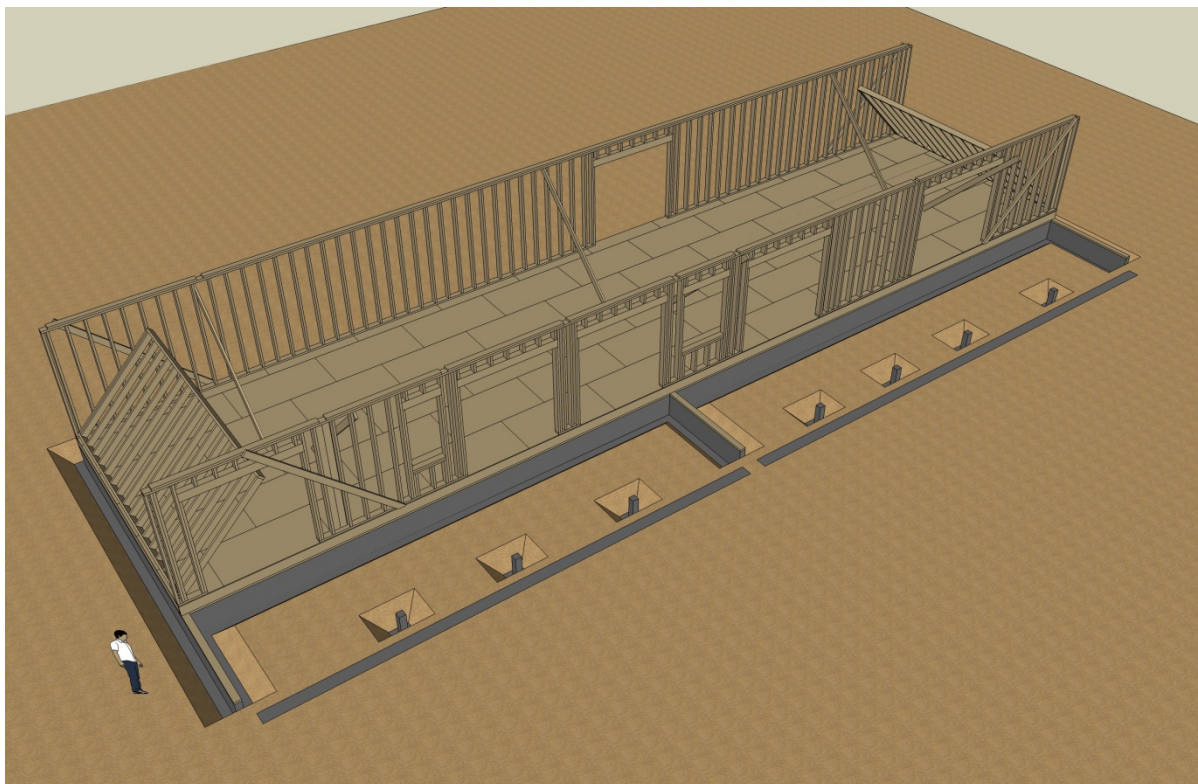


Fig. 12-75 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.

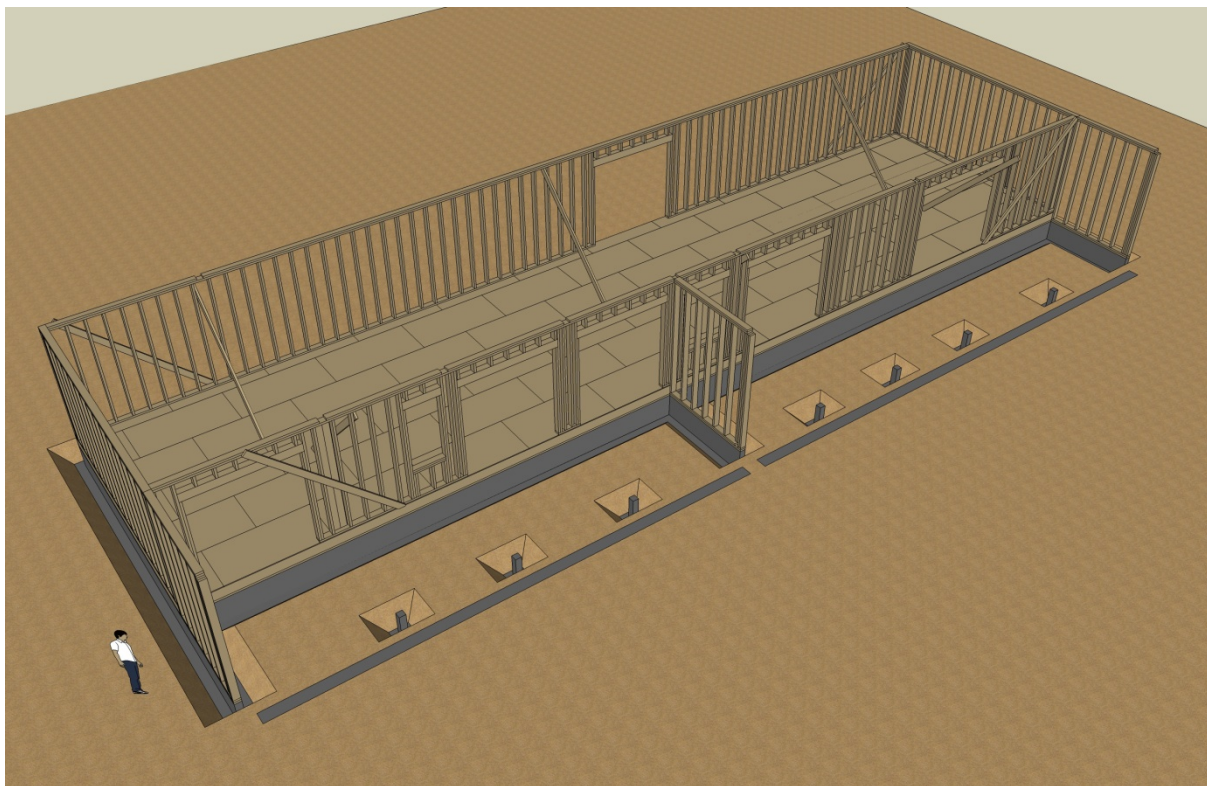


Fig. 12-76 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.

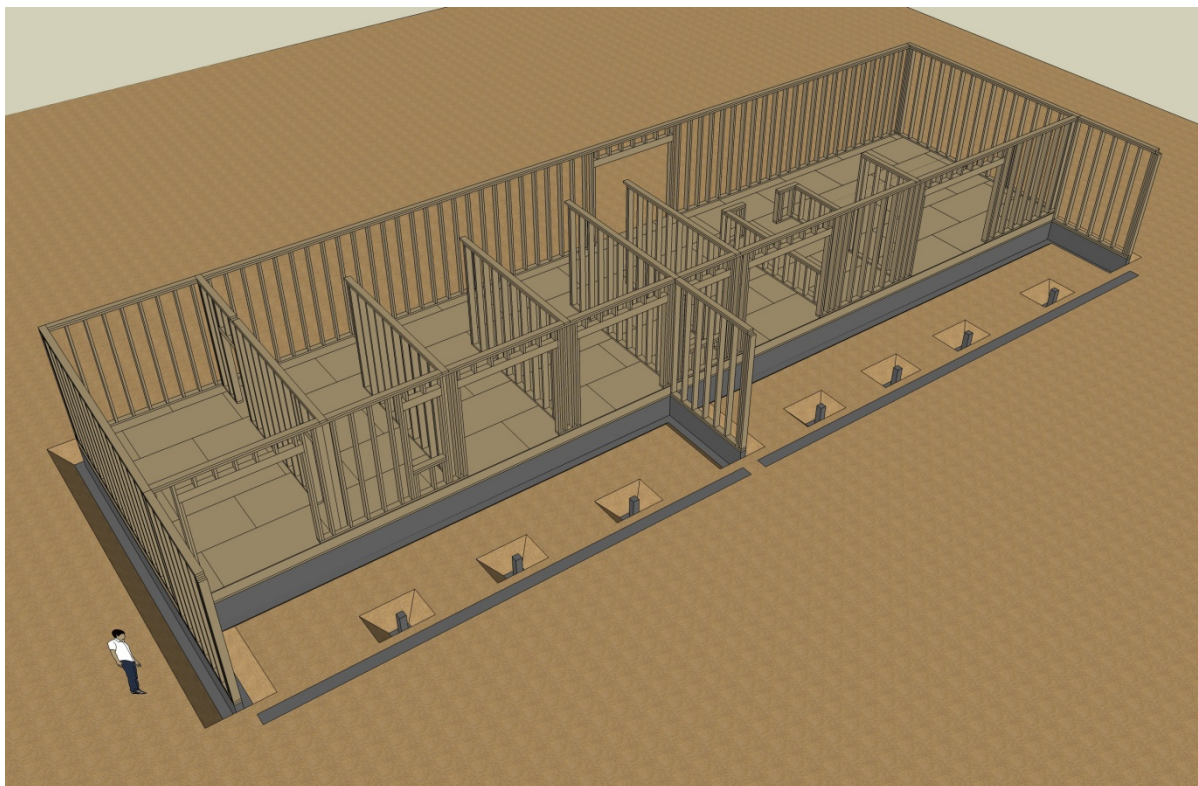


Fig. 12-77 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.

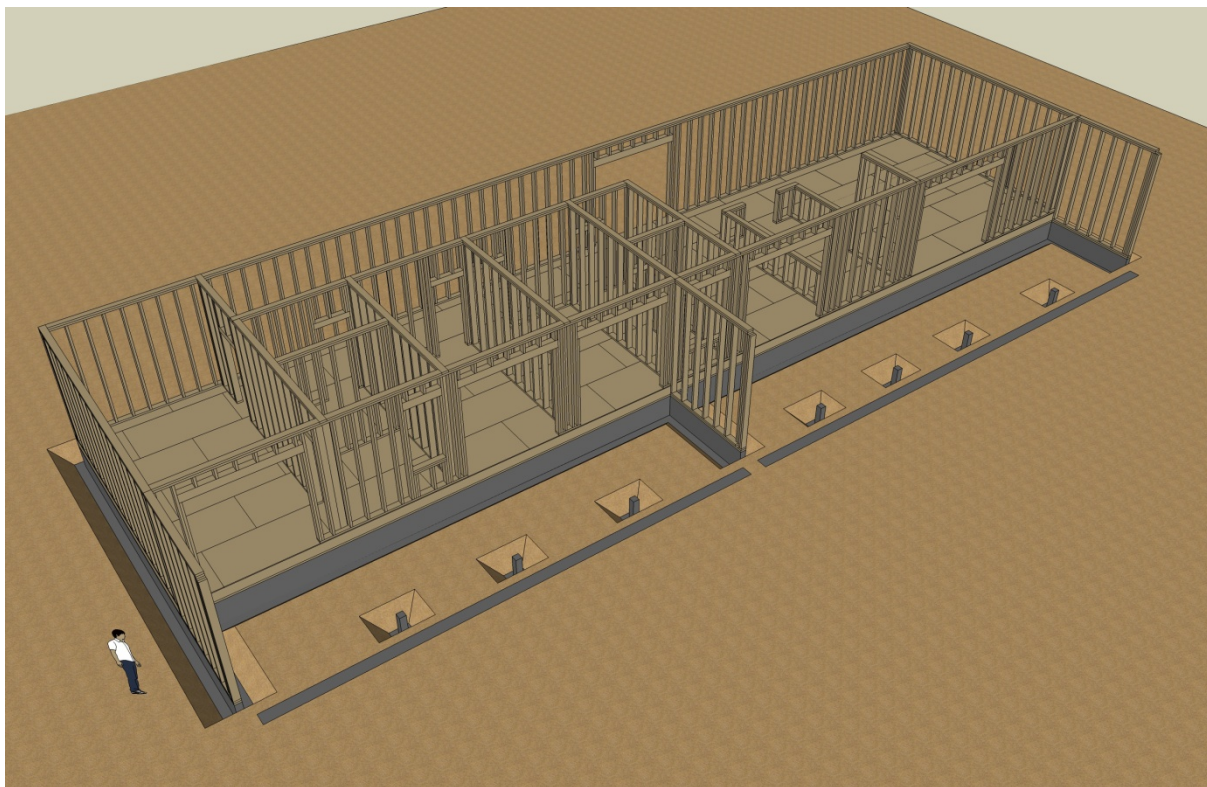


Fig. 12-78 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.

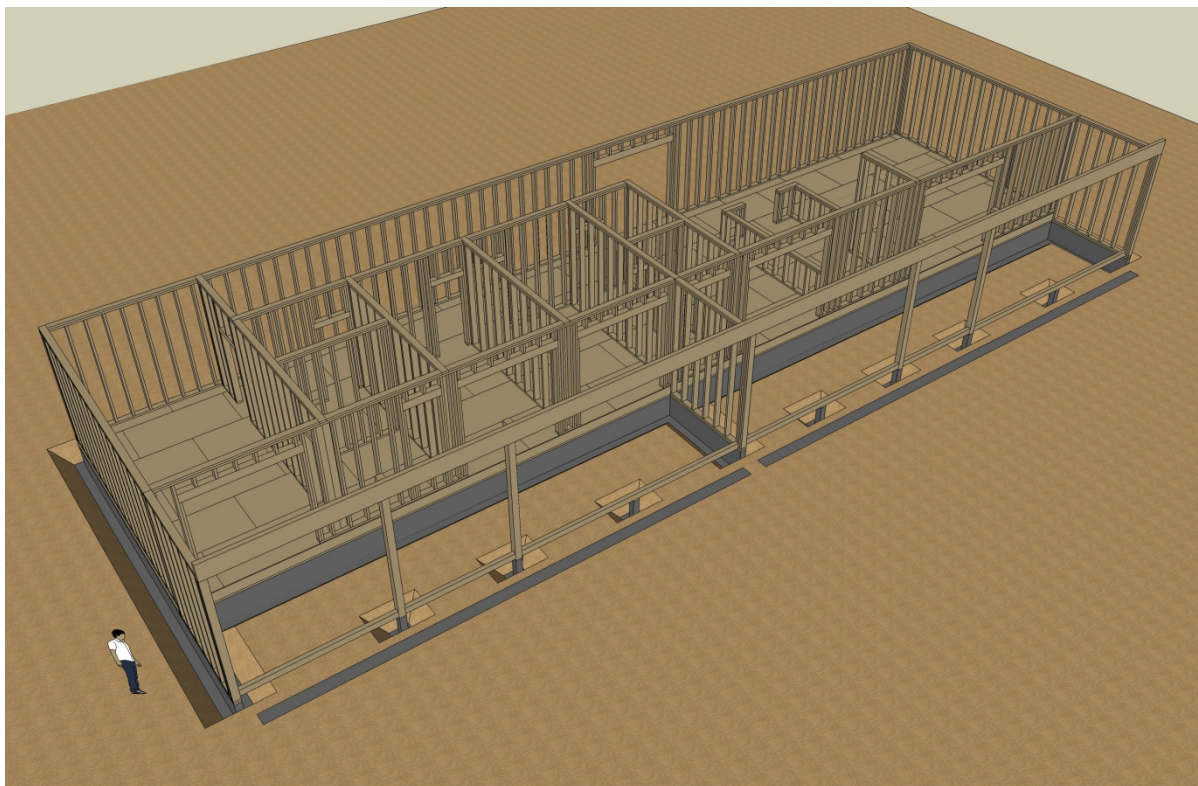


Fig. 12-79 Montagem de viga, pilaretes e frechal dos alpendres.

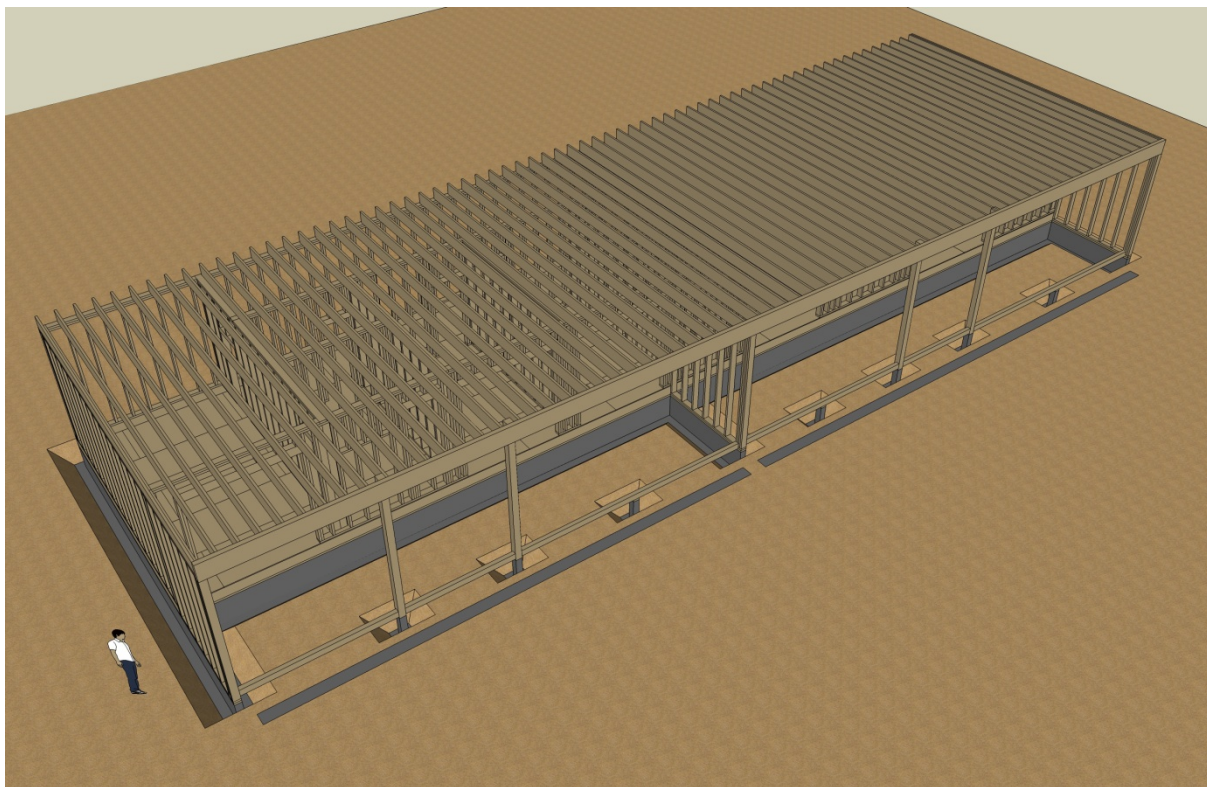


Fig. 12-80 Montagem das vigotas de cobertura.

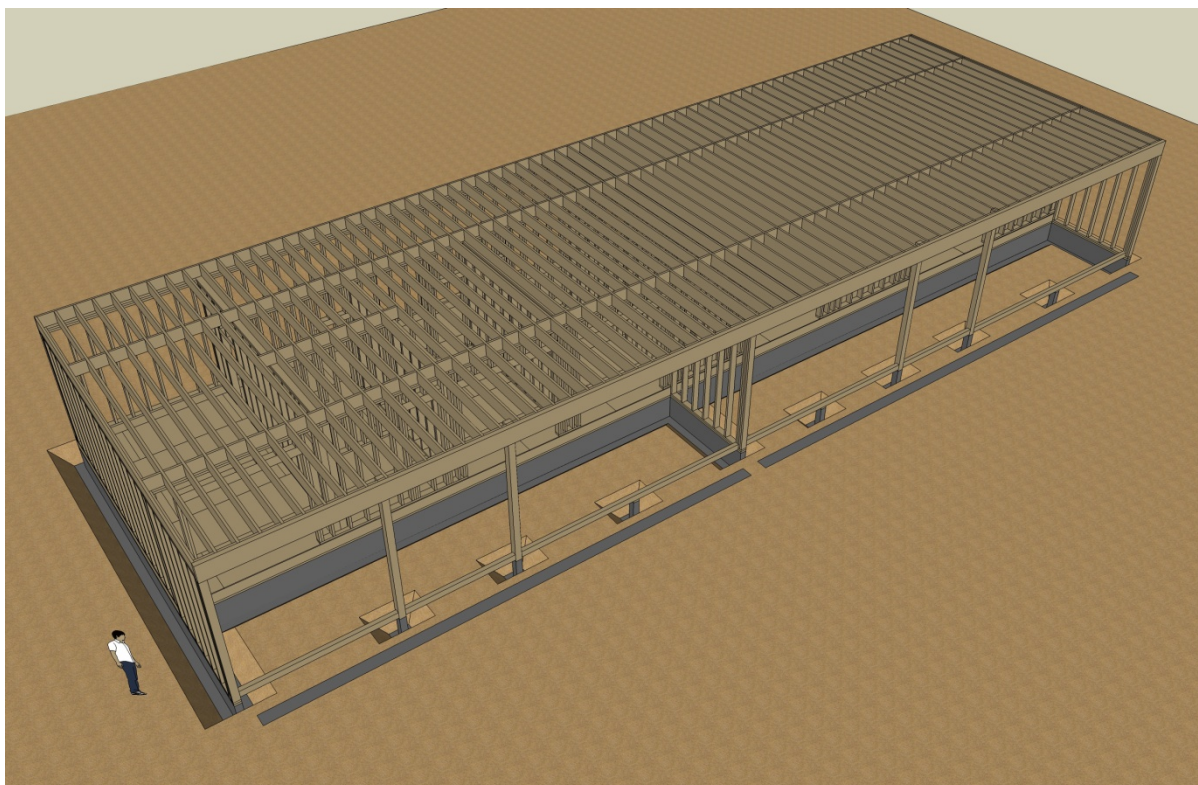


Fig. 12-81 Montagem dos tarugos.

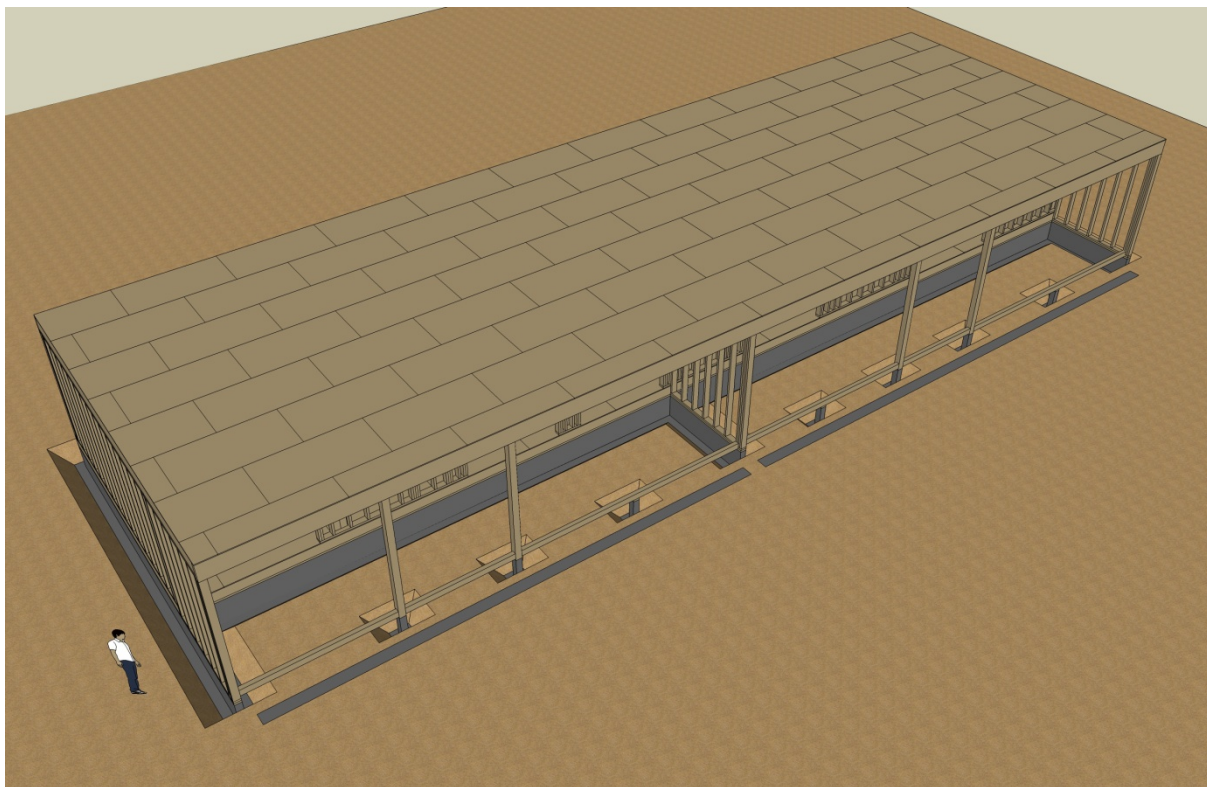


Fig. 12-82 Montagem do forro estrutural de cobertura.

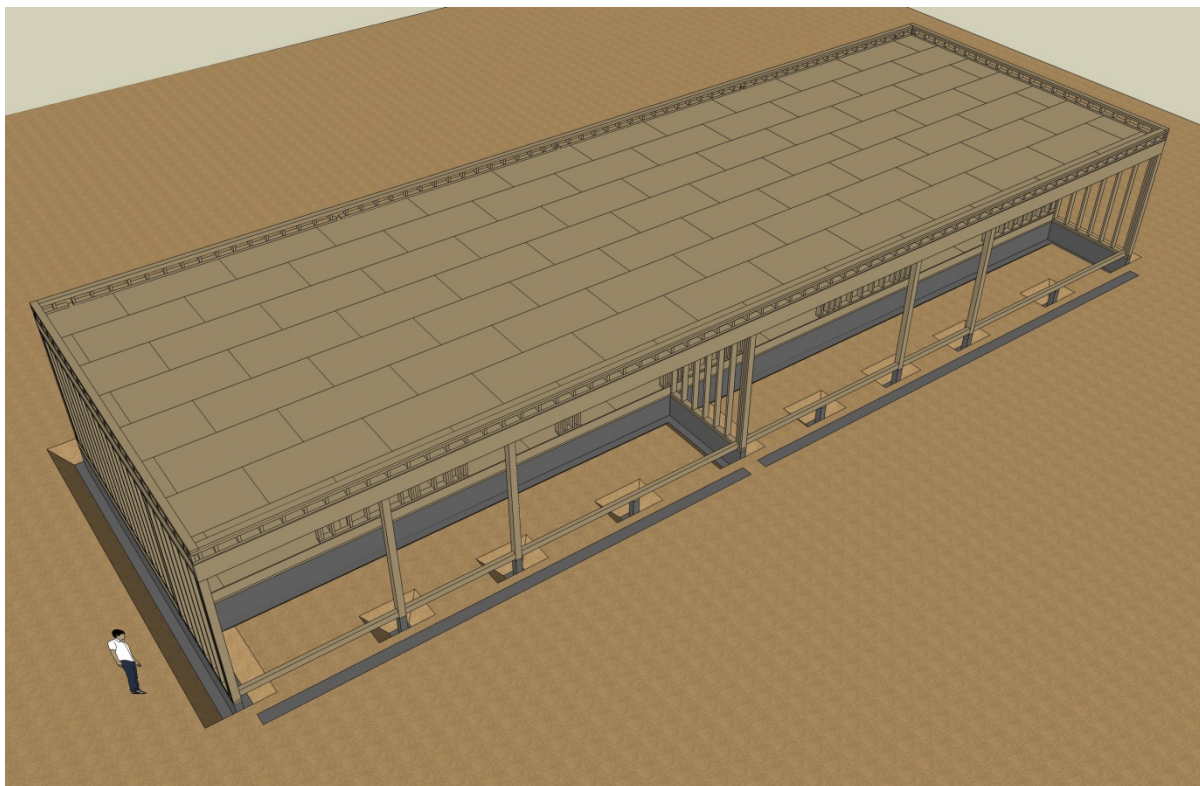


Fig. 12-83 Montagem da platibanda.

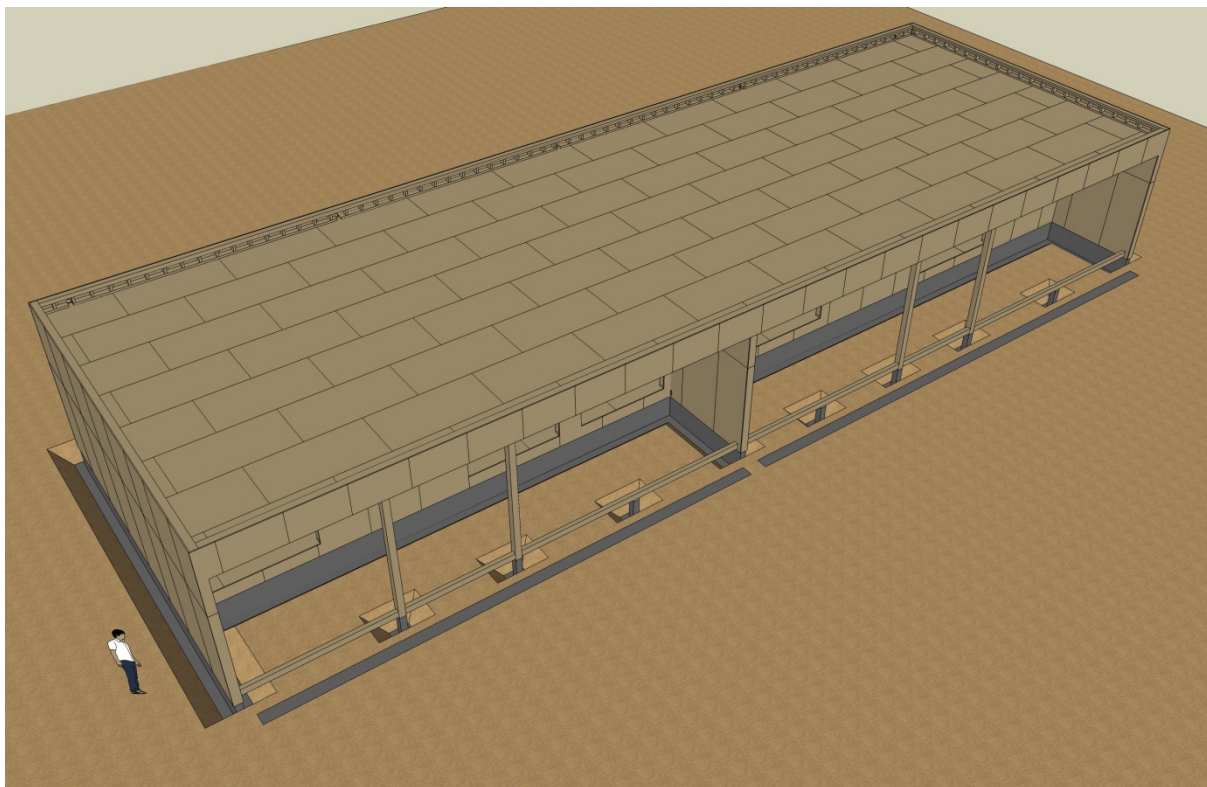


Fig. 12-84 Montagem do forro estrutural das paredes.

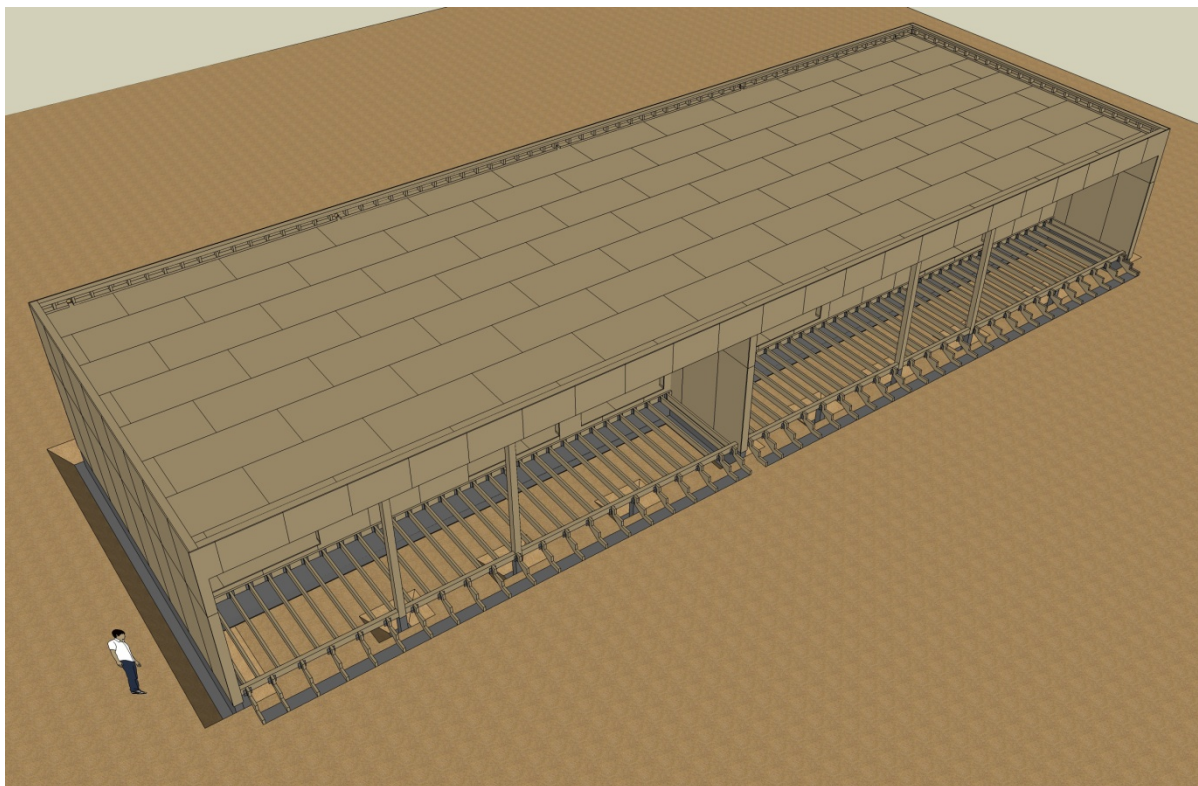


Fig. 12-85 Montagem das vigotas do pavimento do alpendre e pernas.

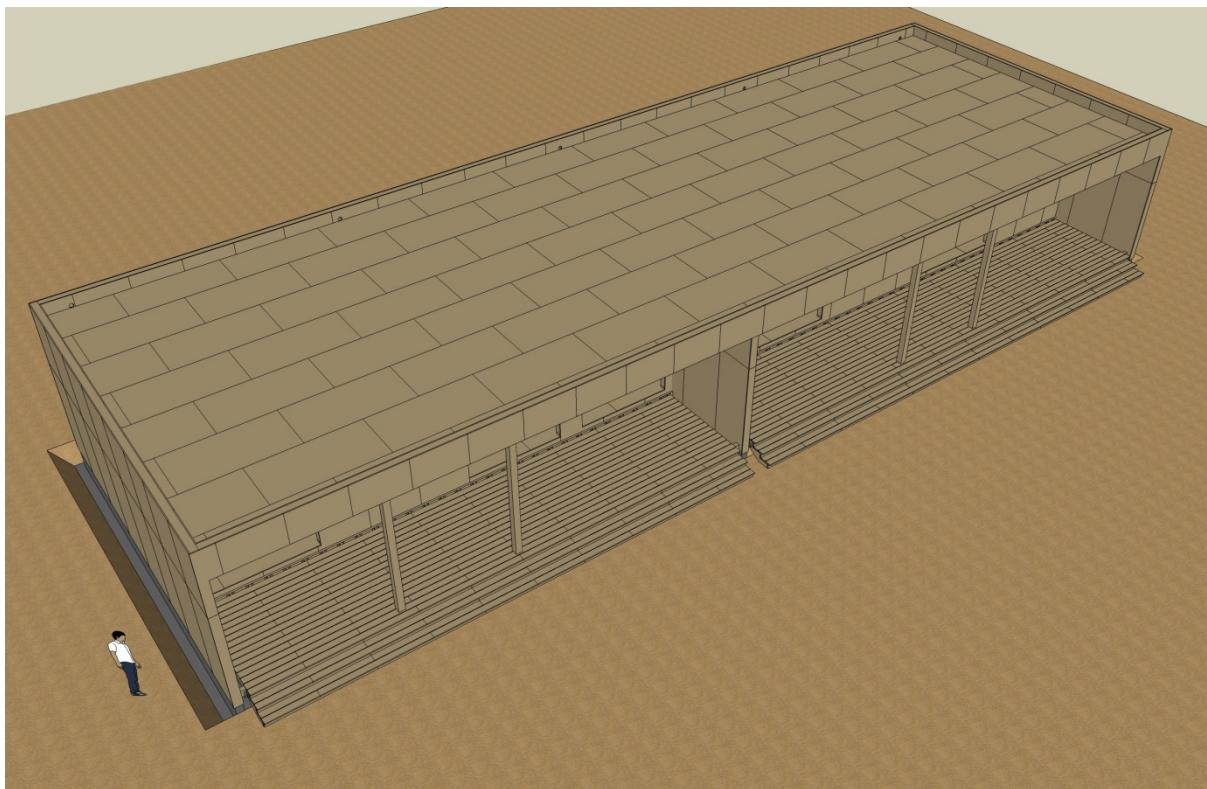


Fig. 12-86 Montagem do pavimento dos alpendres.

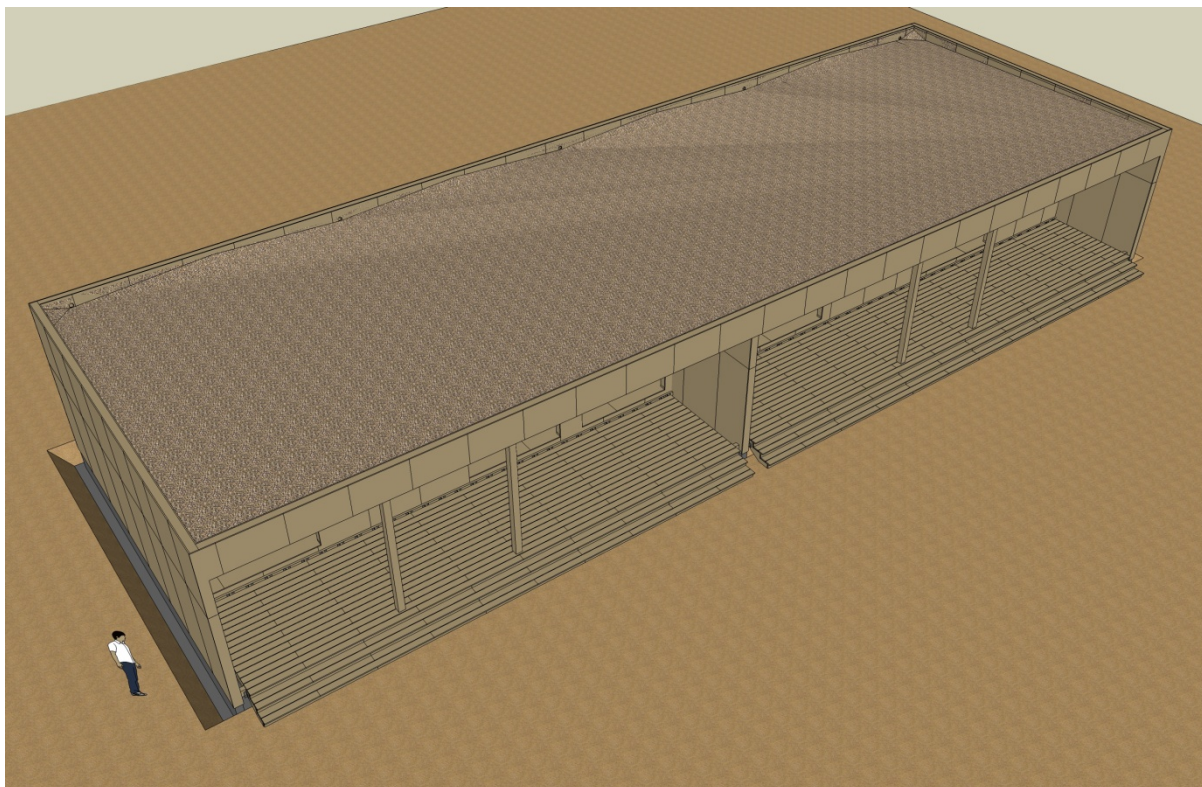


Fig. 12-87 Montagem do isolamento e impermeabilização de cobertura.

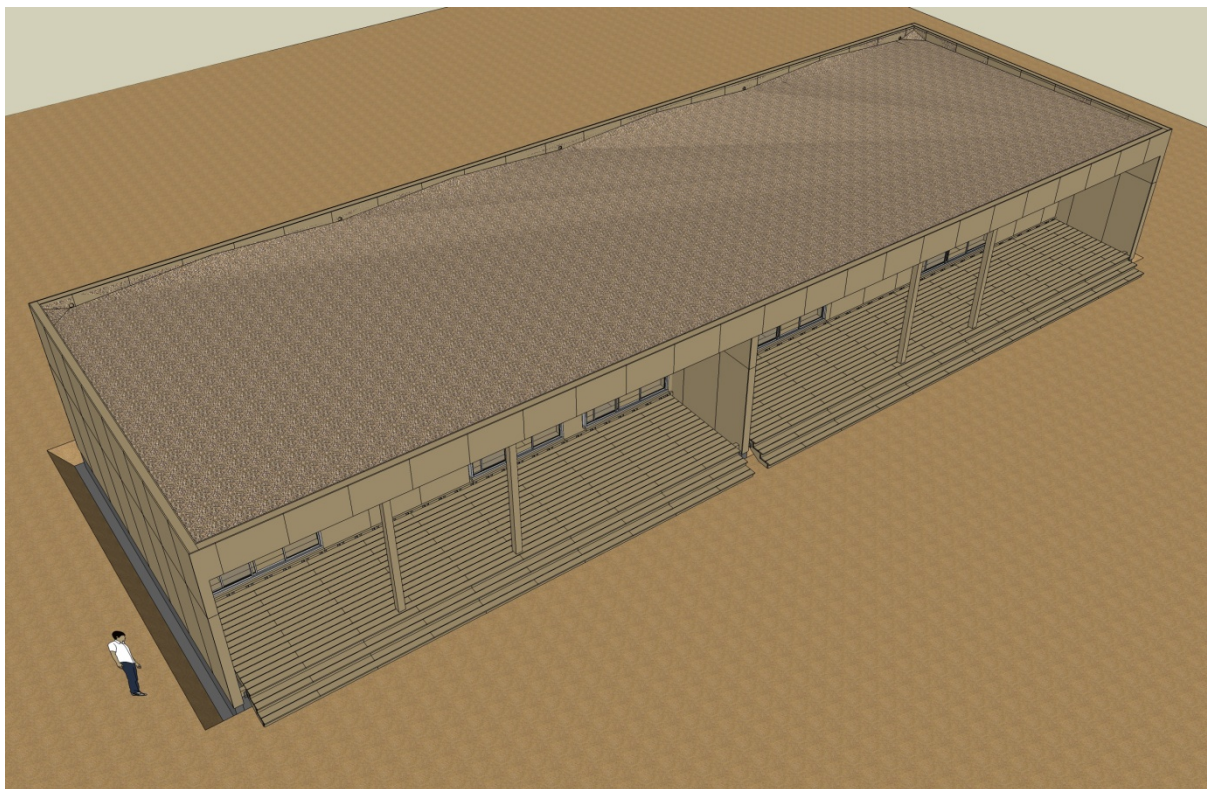


Fig. 12-88 Montagem dos vãos.

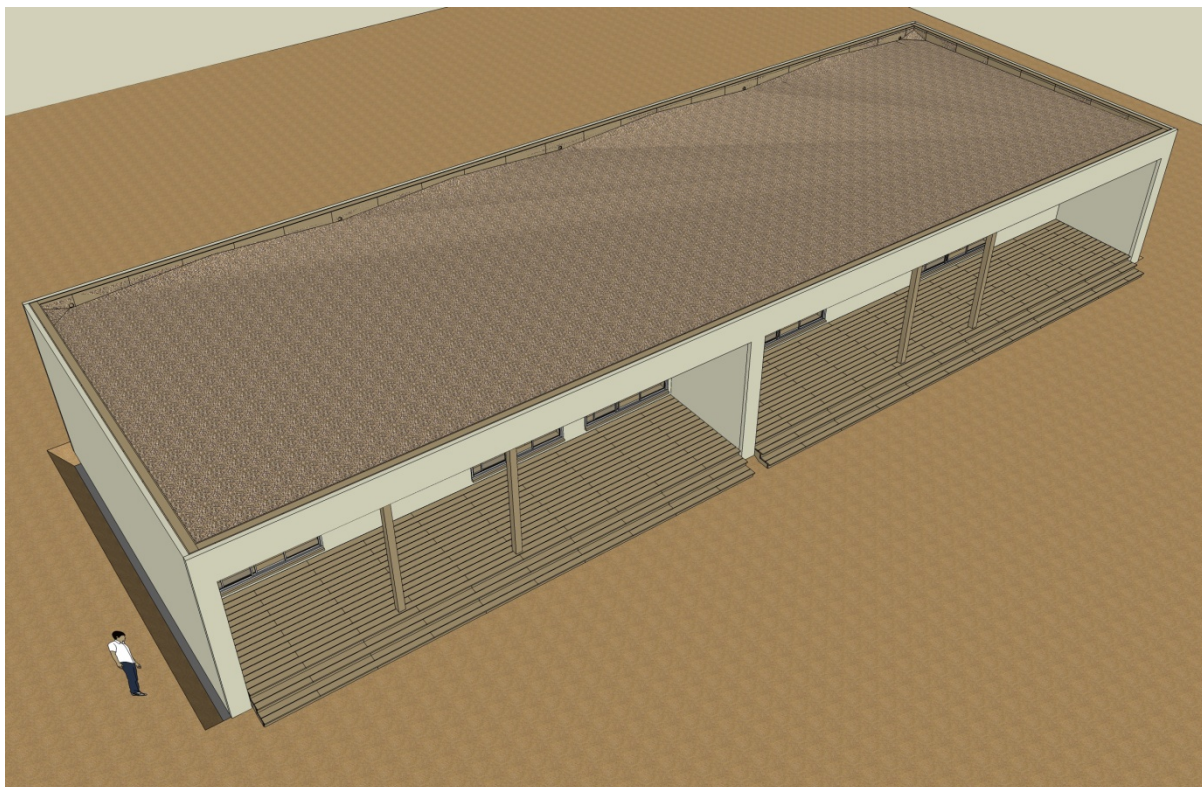


Fig. 12-89 Montagem de isolamento térmico exterior.

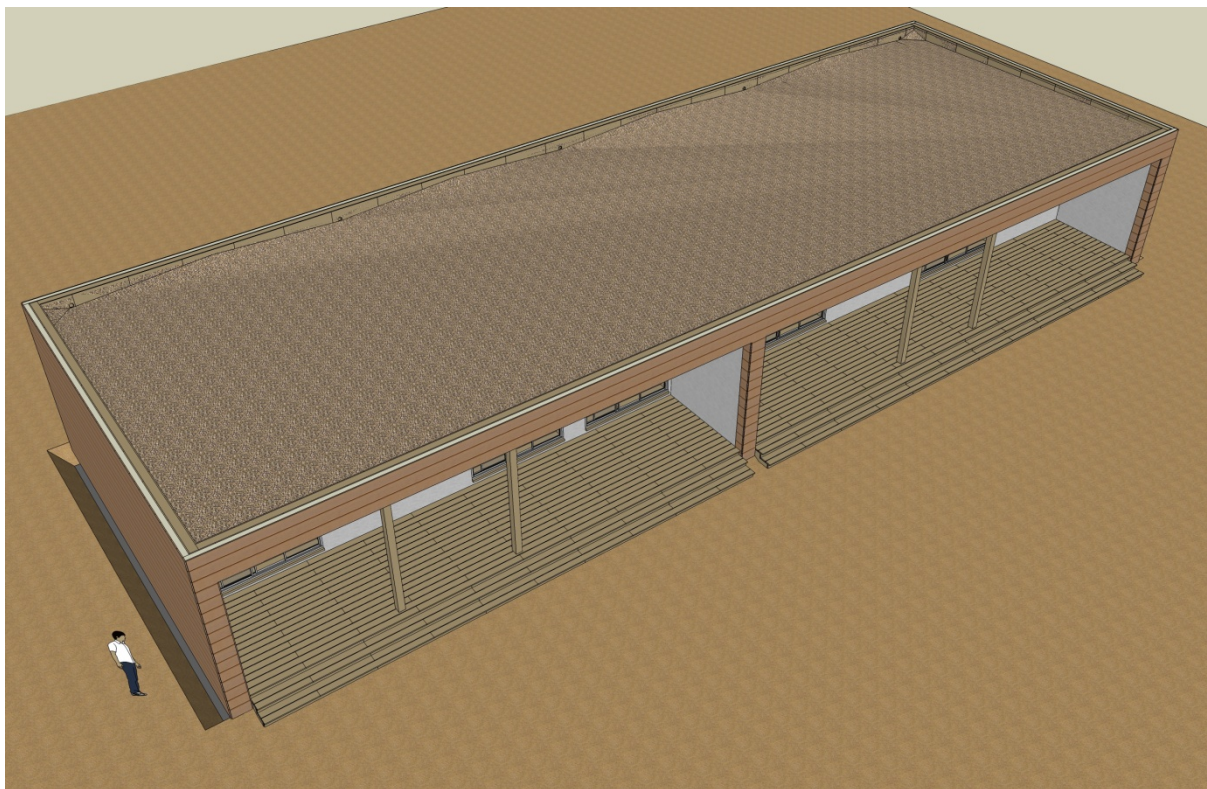


Fig. 12-90 Montagem do forro de madeira exterior.

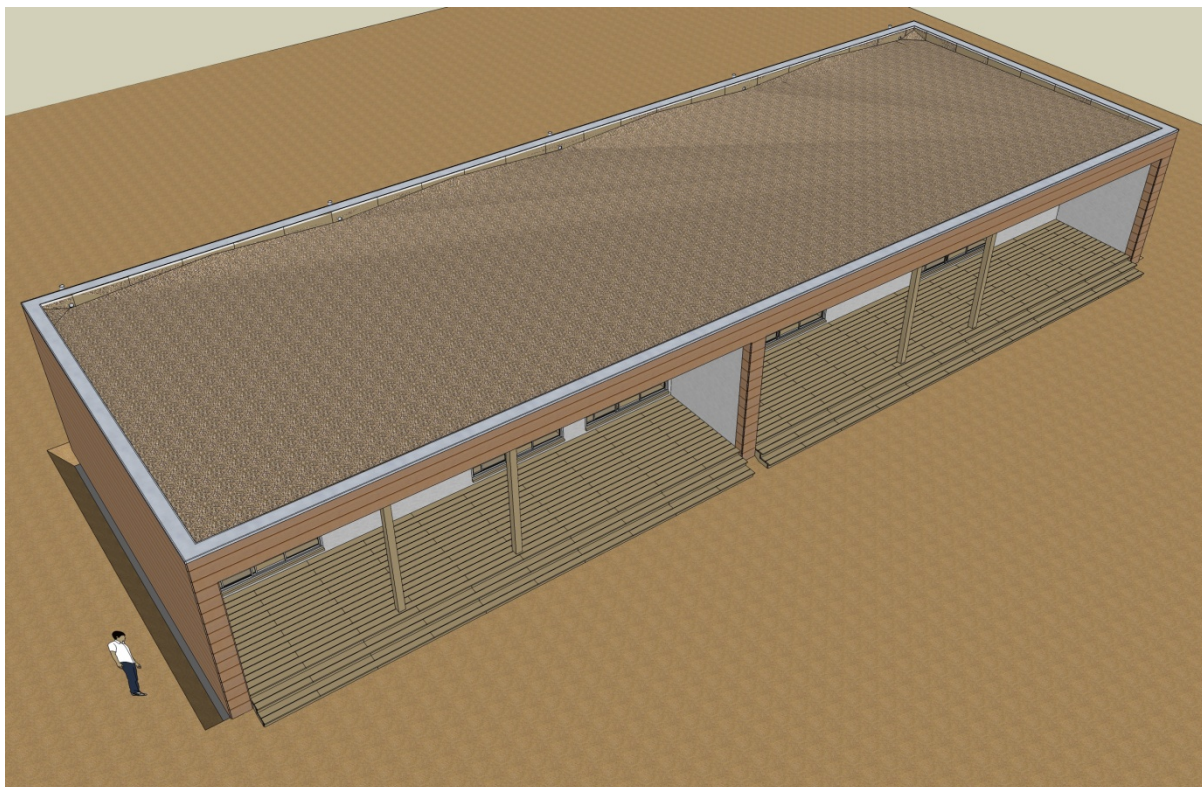


Fig. 12-91 Montagem de rufo metálico em remate de platibanda.

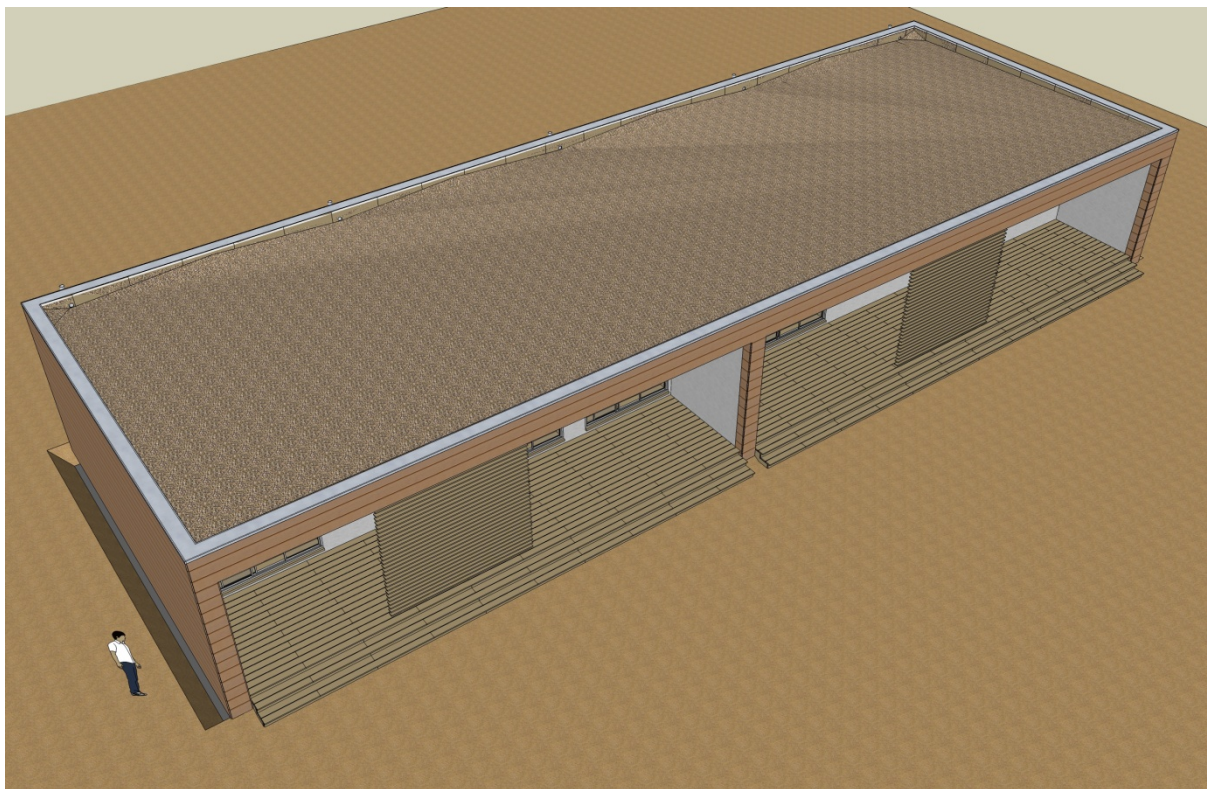


Fig. 12-92 Montagem de grelhas de ensombramento.

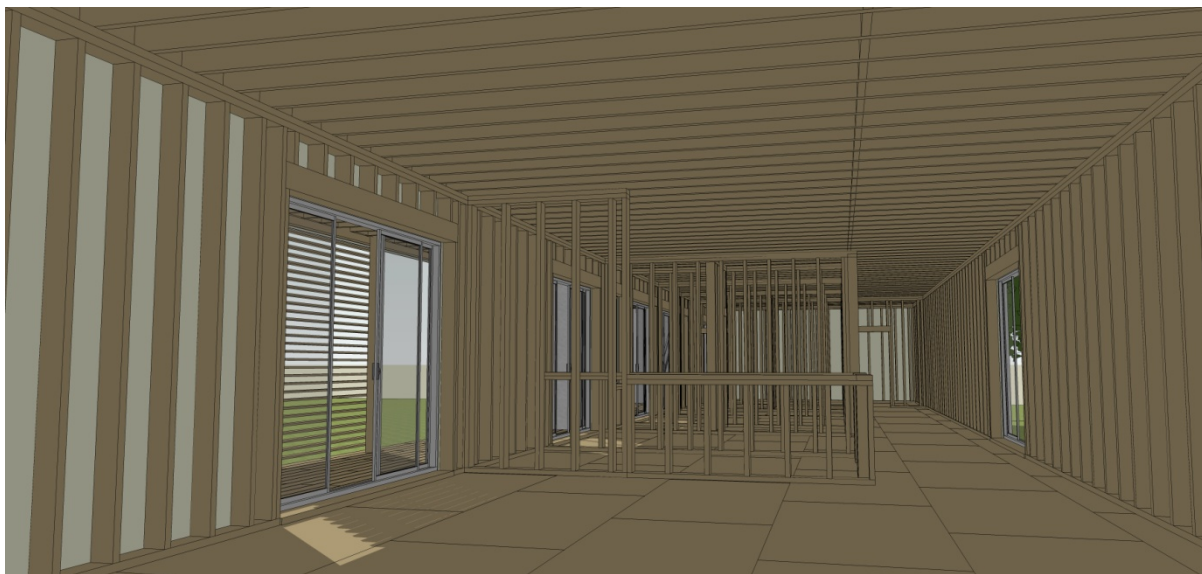


Fig. 12-93 Montagem de infraestruturas.

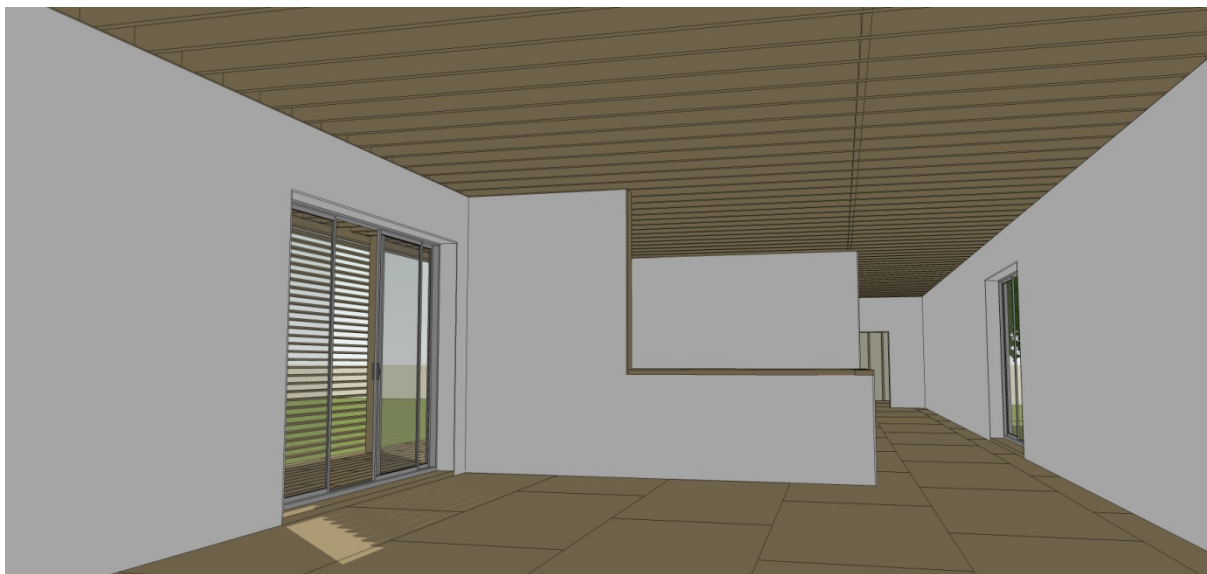


Fig. 12-94 Forro de paredes interiores com paineis de gesso cartonado.



Fig. 12-95 Forro de tectos com paineis de gesso cartonado e pintura.



Fig. 12-96 Aplicação de pavimentos.



Fig. 12-97 Vista exterior de um dos alpendres.



Fig. 12-98 Vista geral exterior de Sudoeste.



Fig. 12-99 Vista geral de Sudeste.



Fig. 12-100 Vista em corte da planta: três quartos, 2 instalações sanitárias, wc social, sala de jantar, cozinha e sala de estar.

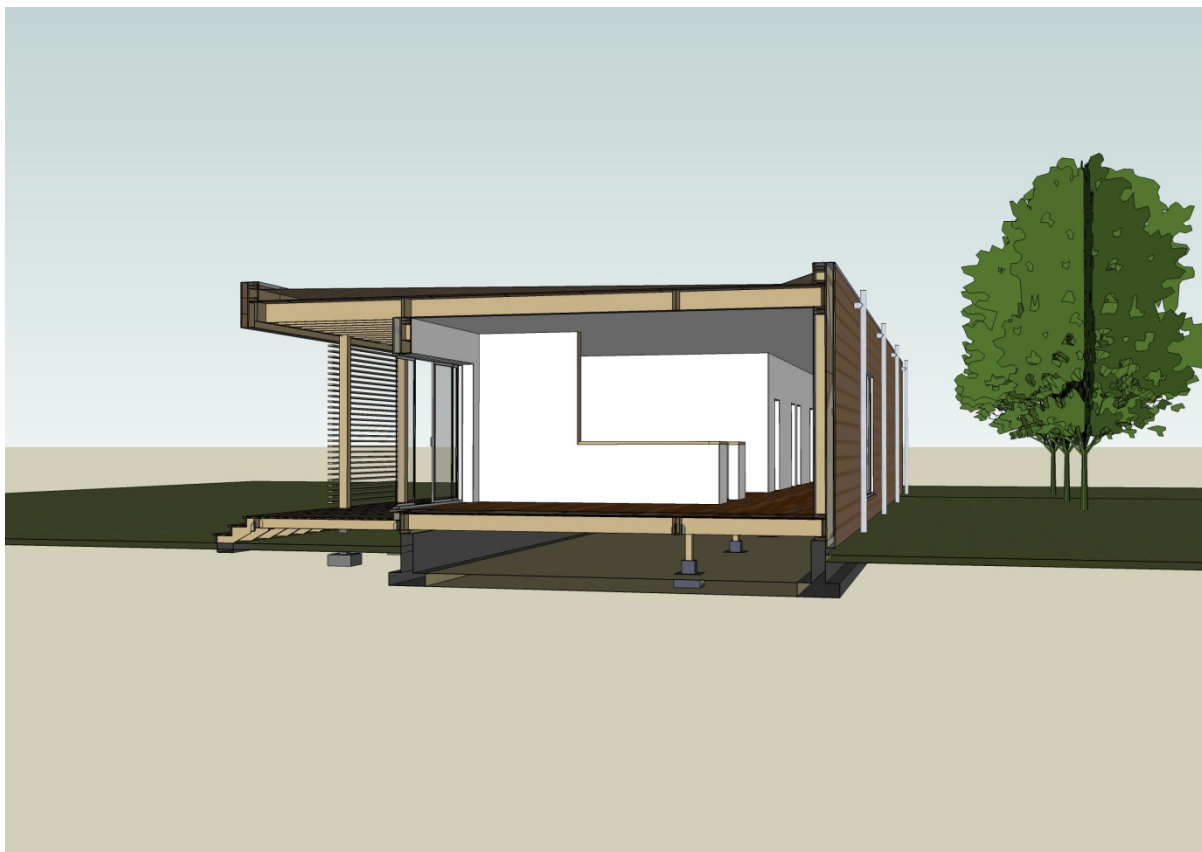


Fig. 12-101 Vista em corte pela sala de estar.

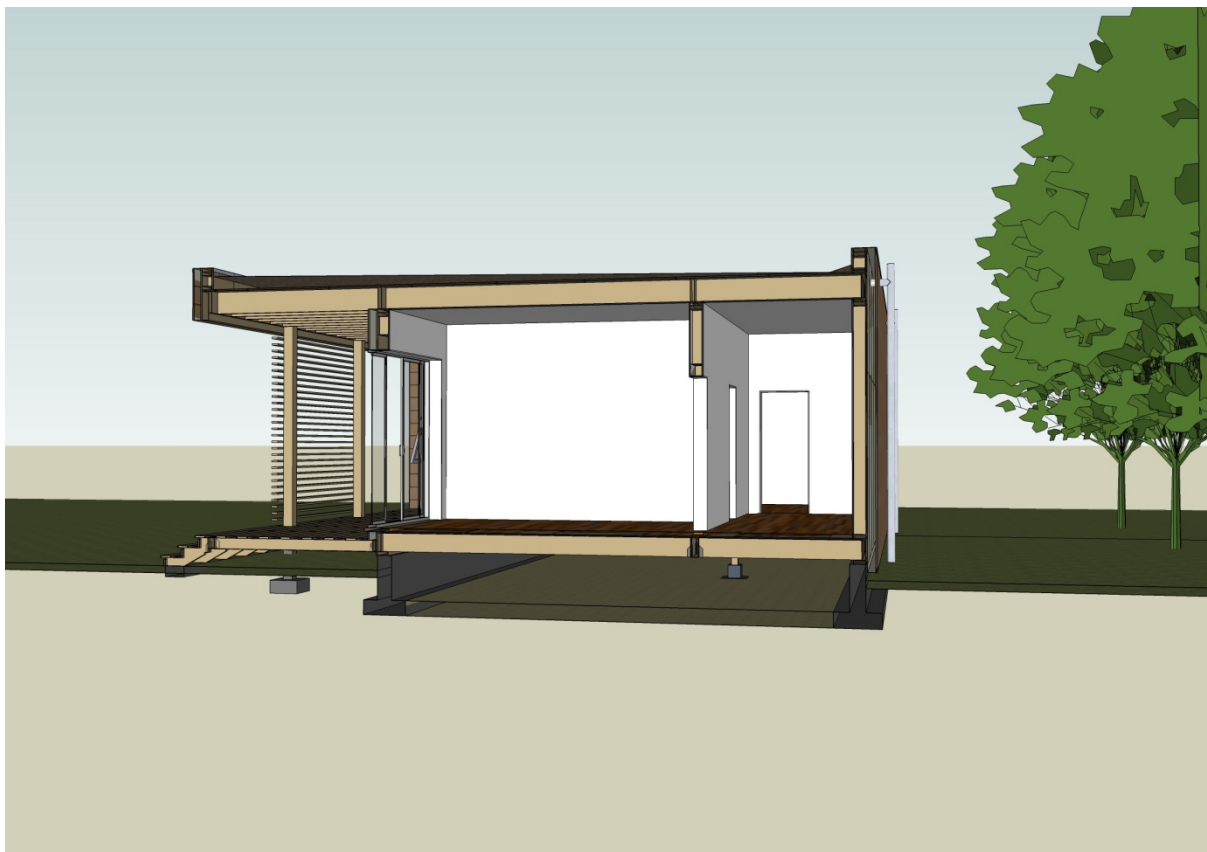


Fig. 12-102 Vista em corte por um dos quartos.

13 Conclusões

A construção de madeira tem tido uma presença constante na arquitectura, histórica e geograficamente. O sistema *light framing* representa a evolução de uma forma de construir com madeira. As sucessivas evoluções do sistema resultaram em economia, maior rapidez de execução e melhor desempenho estrutural e térmico. A introdução recente de materiais derivados da madeira aumentou igualmente o seu potencial ecológico na racionalização do uso de materiais. Estes materiais apresentam em alguns casos melhor desempenho estrutural e permitem uma utilização mais eficiente da madeira e da floresta. Em termos de volume de construção, este sistema atinge o seu expoente máximo no Norte da América, na construção de edifícios de baixa densidade em edifícios até três pisos para diversas tipologias ocupacionais, sendo no entanto, predominantemente utilizado para habitação.

Este sistema construtivo, como qualquer outro, apresenta vantagens e desvantagens. Mais marcante, é a vantagem de o sistema recorrer a uma estrutura composta por um material inteiramente renovável, apresentar uma velocidade de construção maior do que um sistema comparável de alvenaria, e permitir um razoável grau de flexibilidade em alterações espaciais e funcionais. Como desvantagem, o sistema é mais susceptível a questões de resistência ao fogo, requer maior manutenção e verificação do seu estado e tem o potencial de ser danificado por fungos e insectos xilófagos.

No caso particular da construção de madeira, a reformulação recente da legislação, tanto na Europa como nos Estados Unidos, visou uma melhoria e uma harmonização, predominantemente do projecto estrutural. De uma forma geral, tanto a versão Europeia como a Americana direccionam-se para uma postura regulamentar exigencial onde os processos de cálculo estabelecem um nível exigencial a alcançar. Na Europa, a nova regulamentação surge na forma do Eurocódigo 5, enquanto nos Estados Unidos surge o *International Building Code* (IBC). O Eurocódigo 5 resulta da Directiva Comunitária 89/106/EEC de 21 Dezembro 1988, *The Construction Products Directive*, que estabelece os parâmetros para a harmonização de leis, regulamentos, e provisões administrativas dos Estados Membros relativamente a produtos de construção. Da Directiva surgem não só os Eurocódigos, que

regulamentam o projecto e dimensionamento de estruturas de madeira, de betão, de aço, etc., como também a “marcação CE” dos produtos de construção, e estabelece ainda outra forma de aprovação, o *European Technical Approval* (ETA), vocacionado para produtos geralmente resultantes de um sistema que, pelas suas características, não se enquadra nas normas harmonizadas. O IBC, como regulamento, assume uma forma mais abrangente e reconhece a construção *light framing* como um sistema convencional para construção residencial. Como tal, inclui clausulado prescritivo de carácter estrutural e construtivo, facilitando assim a utilização deste sistema.

Na Europa, a construção de casas de madeira, fora de um sistema de pré-fabricação, apoia-se no Eurocódigo 5 em termos de dimensionamento, no know-how do meio técnico e em algumas publicações de carácter prescritivo. Neste cenário, em Portugal, onde não existe tradição desta forma de construir, falta o know how e a documentação é escassa. No nosso país, a pouca construção *light framing* acaba por ser direccionada para um processo de pré-fabricação que, invariavelmente, se apresenta na forma de um *kit*. Enquanto a pré-fabricação, por um lado, apresenta vantagens de custo e qualidade, por outro limita a composição da habitação aos vários módulos existentes na forma de *kit*.

Considerando que o sistema *light framing* é um sistema com uma tradição de utilização extensa noutros países, a publicação de um manual de construção em *light framing* adaptado a Portugal poderia criar a possibilidade da sua utilização para habitação de baixa densidade de uma forma parametrizada mas adequada a uma escala pequena. Por conseguinte, a publicação de um manual que delineasse, de forma prescritiva, os requisitos e condicionantes de carácter estrutural, espacial, de resistência ao fogo, de comportamento térmico e de carácter construtivo poderia servir de base a uma construção habitacional de baixa densidade que poderia até, eventualmente, abrir a possibilidade de uma utilização num cenário de auto construção¹. A necessidade da elaboração de um manual construtivo já se evidenciou na construção de aço tendo sido criada a EN 1090, que vem

¹ A autoconstrução em Portugal está condicionada também por outros factores tais como o facto de um alvará de construção só poder ser levantado por uma entidade devidamente credenciada pelo INCI (ex IMOPPI).

complementar o Eurocódigo 3 do ponto de vista construtivo. Presentemente, em Portugal, não existe qualquer documento que complemente o Eurocódigo 5 relativamente aos aspectos construtivos.

Face ao potencial florestal, tecnológico da transformação da madeira e humano em Portugal fica a ideia e a proposta, com base neste contributo, da publicação de um manual de construção em *light framing* para habitação de baixa densidade, adaptado ao nosso país.

14 Glossário traduzido e ilustrado de alguns termos técnicos anglo saxónicos relevantes neste sistema construtivo

A

Anchor bolt – ancoragem; elemento de ligação entre o frechal de fundação e a fundação corrida, ver (*Mud sill*). Este elemento geralmente assume a forma de bucha metálica ou varão roscado com porca. O frechal de fundação pode ser escariado, eventualmente, para permitir que a porca fique embutida facilitando assim a colocação das vigotas de pavimento e a vigota de bordadura. A situação mais comum, no entanto, é o recorte da vigota na entrega conforme necessário.

anchor, Framing – ver *anchor bolt*.

anchor, Holdown – elemento metálico que permite a ligação da ancoragem (*anchor bolt*) directamente aos prumos de topo de uma *shear wall*. A utilização destes elementos surge nos casos onde a *shear wall* está sujeita a um elevado esforço de derrubamento.

Attic space – sótão, desvão de cobertura.

B

Beam – viga / barrote; o termo é aplicável a um elemento utilizado no pavimento, parede ou cobertura. Quando de menor dimensão costuma ser um elemento de madeira maciça, LVL (*laminated veneer lumber*) ou SVL (*structural veneer lumber*) e quando de maior dimensão de lamelado colado (*Glulam*) ou PSL (*parallel strand lumber*).

beam, Header – verga ou cadeia; viga utilizada para vencer o vão de uma abertura ou para permitir a criação de uma abertura no pavimento (ver header joist). Em vãos pequenos a verga pode ser uma viga composta, feita a partir da pregagem de face de vigotas e em vãos maiores de madeira maciça.

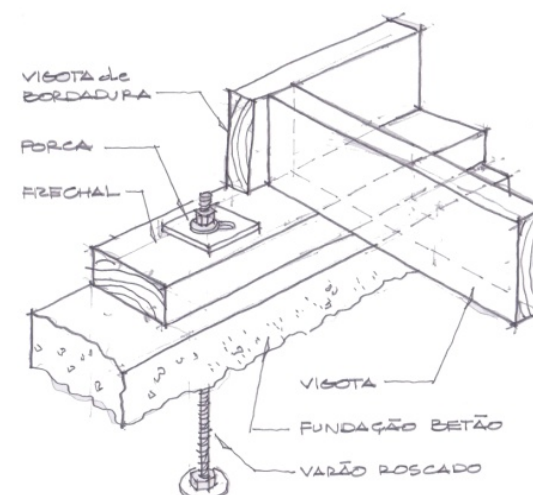


Fig. 14-1 Anchor bolt. (des. autor)

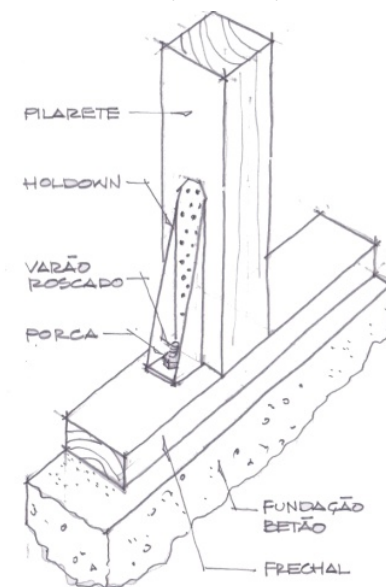


Fig. 14-2 Holdown anchor. (des. autor)

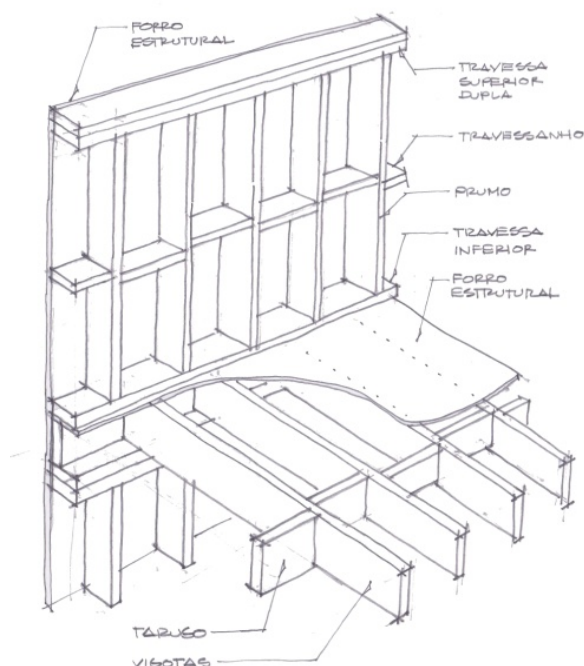


Fig. 14-3 *Blocking*. (des. autor)

beam, Ridge – viga de cumeeira. A viga é uma alternativa à vigota de cumeeira (*ridge joist*). Quando se recorre à utilização de uma viga torna-se necessário criar apoios com pilaretes. Quando esta solução é adoptada o esforço de derrube exercido nas paredes exteriores pela cobertura é reduzido implicando assim que por vezes possam ser omitidos os tirantes ou vigotas de tecto (ver *collar ties*).

Blocking – o termo blocking é usado indiferenciadamente para pavimentos, paredes ou coberturas correspondendo a tarugo no pavimento e cobertura e a travessão quando utilizado nas paredes. A utilização de tarugos no pavimento ou travessãos nas paredes permite contrariar o varejamento ou flambagem das vigotas e/ou prumos. Numa sequência de tarugos ou travessãos o seu alinhamento é mantido para garantir uma correcta transmissão de cargas. Em construção *light framing* a secção dos tarugos e dos travessãos é idêntica ao dos elementos que acompanham – vigotas e/ou prumos. A fixação dos tarugos às vigotas e dos travessãos aos prumos é feita por pregagem de topo ou cruzada. Para possibilitar um pregagem de topo os tarugos ou travessãos são colocados com um alinhamento de faces alternadas entre cada vão para que os seus topos fiquem acessíveis. Caso o alinhamento das peças seja mantido ao longo do seu eixo a pregagem terá de ser cruzada.

Board and batten – forro de parede exterior constituído por régua e mata juntas. A disposição das régua é vertical com um intervalo de cerca de 5-8mm entre cada régua. O mata juntas é colocado por cima da junta e pregado directamente aos serraços a tardo. O afastamento entre régua permite variações dimensionais das régua em função das variações higrotérmicas.

Bracing – termo referente ao travamento de um elemento ou sistema como por exemplo uma parede. O termo *bracing* refere-se frequentemente à utilização de tirantes, mas pode, no entanto, aplicar-se ao forro estrutural de uma parede, como por exemplo, contraplacado ou OSB.

bracing, Diagonal wall – tirante aplicado em diagonal ao longo da face de uma parede de prumos. A sua utilização corrente consiste na estabilização da parede exterior de prumos antes da aplicação do forro estrutural. O tirante pode ser outro prumo colocado pelo interior da parede temporariamente até ao forro estrutural ser colocado. Alternativamente, caso se pretenda deixar o tirante após a aplicação do forro estrutural, pode ser utilizado um tirante embutido na face exterior (ver *Let in bracing*) ou uma barra fina de chapa de aço galvanizado que se desenvolva da travessa superior à inferior com pregagem em todos os prumos.

bracing, Let in – tirante feito com régua de madeira embutida nos prumos de uma parede exterior. Este tipo de travamento é pouco utilizado devido à mão de obra necessária e à sua pouca eficácia. A sua utilização presente resume-se a edifícios de pequeno porte, como por exemplo um apoio de jardim, em zonas sem actividade sísmica.

Bridging – termo equivalente a *blocking* mas aplicável somente ao pavimento. A utilização deste termo é mais comum quando os tarugos sólidos são substituídos por uma cruzeta de madeira ou de chapa metálica.

Building paper – cartão betuminoso; papel *kraft* impregnado com emulsões betuminosas. O cartão betuminoso, quando aplicado em paredes, é microperfurado com uma matriz regular para garantir a passagem de vapor de água mantendo, no entanto, a sua capacidade de impermeabilização como barreira secundária. Ver *house wrap*.

C

Cambered beam – viga lamelada colada fabricada com contraflecha. A contraflecha corresponde ao peso próprio da estrutura e a utilização deste tipo de elemento é mais frequente em pavimentos onde é necessário um vão maior.

Clapboarding – termo genérico utilizado para revestimento exterior de régua de madeira dispostas horizontalmente; ver *Wood siding*

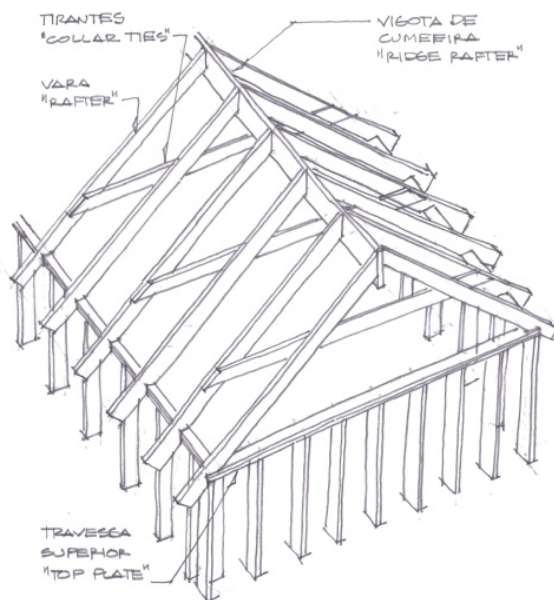


Fig. 14-4 Collar tie, tirante. (des. autor)

Clearance – termo utilizado para indicar o afastamento necessário entre elementos. O termo poderá ser utilizado, por exemplo, para indicar o afastamento necessário entre uma viga de madeira e o betão numa entrega feita numa bolsa da parede de fundação.

Collar tie – tirante ao nível da cobertura, linha; elemento horizontal de travamento das varas. A sua aplicação pode ser feita ao nível dos apoios das varas na travessa dupla superior da parede ou a cerca de 1/3 da altura da cobertura. Quando os tirantes são aplicados desta forma o conjunto resultante das varas e tirante é denominado *A frame*.

Crawl space – vazio sanitário do pavimento térreo de madeira. O termo é utilizado nas situações onde o vazio sanitário é visitável tendo assim cerca de 80cm de altura. Em pavimento térreos de madeira é preferível a criação de um vazio sanitário com dimensão maior do que os afastamentos mínimos necessários ao solo para se poderem fazer inspecções periódicas aos elementos de estrutura. Adicionalmente, como a distribuição das infraestruturas de águas e esgotos é preferencialmente feita pela face inferior do pavimento térreo o vazio sanitário garante uma execução mais agilizada e facilita eventuais alterações futuras.

D

Damp proofing – impermeabilização em zonas em contacto com humidade; termo empregue nos casos de impermeabilização onde a ascensão por capilaridade é relevante, como por exemplo na impermeabilização de fundações; ver *waterproofing*.

deck, Wood – pátio, varanda exterior com estrutura e pavimento de madeira.

Diaphragm (floor and roof) – diafragma; sistema de armação aligeirado de pavimento ou cobertura em que o contraventamento é feito a partir da aplicação de um forro estrutural em painéis fixados às vigotas por pregagem. Os esforços de tracção e compressão aplicados no diafragma são suportados pelo forro estrutural (contraplacado ou OSB) sendo por sua vez transmitidos às paredes *shear wall* e depois à fundação.

Dormer – trapeira, águas furtadas.

Draftstopping – compartimentação dos vazios entre elementos construtivos de madeira para evitar a movimentação de ar. Em função da dimensão do vazio o seccionamento pode ser feito com régua ou painéis como no caso de um pavimento construído com vigas em treliça. Este tipo de seccionamento coincide frequentemente com a colocação de *firestopping*.

E

Eave – beirado; o termo é geralmente empregue quando as varas da cobertura estão expostas no lado inferior do beirado, ver *soffit*.

F

Fascia board – régua de remate dos topos das varas no beirado; a utilização da régua permite a protecção dos topos das varas à intempérie assim como reduz as variações dimensionais e empeno das consolas das varas no beirado. A fixação da régua é feita com pregagem de topo às varas. A largura da régua deve ser no mínimo 50mm para garantir rigidez suficiente na estabilização das varas e a sua altura deve ser maior do que a das varas para garantir que a água que escorra pela sua face não alcance os topos das varas, funcionando como pingadeira.

Firestopping – tarugo, travessanho ou placa de madeira colocada numa cavidade entre elementos de estrutura ou outros elementos de construção para retardar a propagação de chamas através da cavidade.

Flashing – remate de impermeabilização em mudança de planos ou entre diferentes elementos construtivos; frequentemente os remates são feitos com chapa de aço galvanizada quinada sendo, no entanto, possível a utilização de outros materiais como a tela asfáltica ou butílica.

framing, California – processo construtivo utilizado na construção de coberturas na Califórnia. Nos casos onde o espaço de sótão não é utilizável, o volume da cobertura principal é construído primeiro, incluindo o forro estrutural, e somente depois são construídas as águas de corpos salientes. Desta forma, a parte de armação de cobertura é simplificada pois não são necessários larós.

framing, Ladder – armação em escadote; este tipo de armação pode ocorrer num pavimento ou cobertura correspondendo a uma inversão no sentido de armação para execução de uma consola ou um beirado no sentido contrário à armação principal.

framing, Wood – estrutura ou armação de madeira; o termo pode ser utilizado para descrever uma estrutura na sua totalidade ou um sistema de pavimento, parede, tecto ou cobertura. Assim podemos, por exemplo, utilizar o termo *wood frame building* referente a um edifício ou *wood frame floor* no caso de um pavimento.

Furring strips – serraños; travessas de madeira de secção reduzida colocadas perpendicular ou paralelamente aos prumos para permitir a colocação de forro (ver *wood siding*)

G

Girder – viga mestra; numa estrutura com três níveis hierárquicos de estrutura (primário, secundário e terciário) esta viga mestra corresponderá a uma viga primária. Seguidamente teríamos a viga (*beam*) e a vigota (*joist*).

Glulam – viga lamelada colada; viga fabricada por colagem de réguas de madeira sobrepostas. Este tipo de viga permite, de uma forma geral, uma maior resistência mecânica comparativamente a uma viga de madeira maciça de idêntica secção. As lamelas das faces inferiores e superiores podem ser de madeira de maior resistência mecânica do que as lamelas interiores permitindo assim maximizar a composição da viga. As vigas lameladas coladas permitem uma utilização mais racional de madeira de menores dimensões, com a obtenção de grandes vãos e formas rectas ou curvas.

Gutter – algeroz.

H

House wrap – película de fibras de polietileno; a película é utilizada pelo exterior do forro estrutural como segunda camada de impermeabilização. As fibras da película de polietileno, com uma disposição aleatória, são unidas através de um processo de calor e pressão, sem adesivos, não sendo as fibras tecidas. A película de polietileno é impermeável à passagem de água no estado líquido mas bastante permeável à passagem de vapor.

I

insulation, Cellulose – isolamento térmico de pasta de celulose projectada. Este tipo de isolamento térmico é pouco utilizado presentemente.

insulation, Batt – isolamento térmico em manta. Este tipo de isolamento térmico engloba a manta de fibra de vidro e lã de rocha. Este tipo de isolamento térmico é o mais frequente em construção aligeirada, pela facilidade em ajustar a manta à cavidade entre prumos e vigotas.

insulation, Foam – isolamento térmico de poliuretano projectado. Este isolamento é utilizado em zonas mais frias como complemento ao isolamento em manta (ver *batt insulation*). A sua aplicação preferencial é em correcção de pontes térmicas.

insulation, Reflective – chamado genericamente RFL (*Reflective Foil Laminates*), este tipo de isolamento térmico consiste numa película reflectora de alumínio colada a outro material isolante térmico. A base é frequentemente uma folha ou espuma de polietileno ou polipropileno. Este tipo de isolamento térmico beneficia da reflexão dos infravermelhos provenientes do lado mais quente do sistema construtivo onde se insere. O uso preferencial deste tipo de isolamento térmico ocorre em sótãos, em climas quentes. De salientar que este tipo de isolamento tem pouca permeabilidade ao vapor, tendo esse factor que ser considerado aquando do seu emprego.

insulation, Rigid – este termo refere-se ao conjunto de isolamento rígido em placa que engloba o XPS (poliestireno extrudido), EPS (poliestireno expandido) e o poliuretano. A sua aplicação na construção *light framing* é limitada uma vez que as placas de isolamento rígidas não acompanham facilmente o movimento da madeira.

J

joist, Ceiling – vigota de tecto; elemento repetitivo de suporte do tecto; a secção e o espaçamento das vigotas é função das acções, sendo no entanto o espaçamento um submúltiplo da dimensão dos painéis de gesso cartonado que formam o tecto.

joist, Floor – vigota de pavimento; elemento repetitivo de suporte do pavimento; a secção e o espaçamento das vigotas é função das acções sendo no entanto o espaçamento submúltiplo da dimensão dos painéis de forro estrutural para que os topos dos painéis estejam apoiados.

joist, Header (simples ou dupla) – cadeia; elemento de suporte perpendicular ao sentido de armação de um pavimento para permitir a criação de uma abertura. A cadeia é composta por uma vigota simples ou dupla com a altura das vigotas que interrompe. As vigotas interrompidas e suportadas pela cadeia são denominadas *tail joists*.

joist, Rim ou *rim board* – vigota de bordadura; este elemento une os topos das vigotas na entrega da travessa superior e aumenta a área de suporte para as cargas transmitidas pela parede superior. Eventualmente a vigota de bordadura pode ser substituída por tarugos.

joist, Ripped – vigota desbastada no sentido longitudinal para criar pendente; a utilização deste tipo de vigotas pode ocorrer por exemplo numa varanda ou *deck*.

joist, Tail – vigota que se apoia na cadeia (ver *header joist*); vigota intermediária.

joist, Trimmer – vigota dupla que suporta a cadeia ou cadeias.

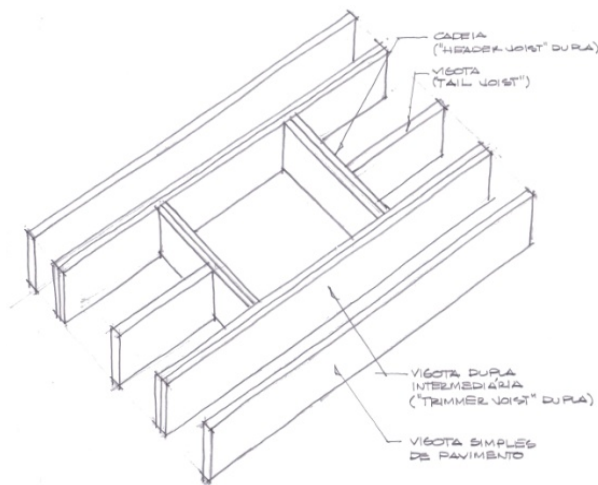


Fig. 14-5 Header joist, cadeia. (des. autor)

L

Ledger – frechal ou outro elemento de menor dimensão para apoio de uma viga ou vigota; o termo *ledger* implica que a sua fixação ao elemento de suporte seja feita lateralmente. O frechal tanto pode ser uma viga ou vigota fixada lateralmente a uma parede como um serrafo fixado lateralmente a uma viga para permitir o apoio das vigotas.

Light framing – sistema construtivo que recorre a uma armação ligeira como estrutura de suporte. O sistema, de madeira ou aço, consiste numa série de vigotas e prumos de pequena dimensão com um espaçamento reduzido entre elementos. Uma das particularidades do sistema *light framing* é o funcionamento das paredes como elementos estruturais.

M

Masonry veneer – forro não estrutural de alvenaria. Devido à diferença de peso próprio entre a madeira e a alvenaria, nos casos onde a habitação é forrada total ou parcialmente pelo exterior, a alvenaria de tijolo maciço ou pedra é suportada directamente pela fundação. A ligação com grampos metálicos do pano de alvenaria ao pano de madeira garante a estabilidade da parede de alvenaria às acções horizontais.

Moisture barrier – termo genérico aplicável a qualquer sistema de impermeabilização. Por exemplo, o conjunto de forro exterior de régua de madeira e papel asfáltico (*building paper*) ou película de fibras de polietileno (*house wrap*) pode ser considerado como uma barreira à humidade. Um sistema de telhas de madeira e o respectivo feltro betuminoso pode ser considerado como outra barreira à humidade.

N

Nail stoppers – chapa metálica fixada aos prumos para impedir o atravessamento accidental de infraestruturas por pregos.

Nailer block – bloco de madeira utilizado para fazer a transição entre uma sapata e um pilarete de madeira. Pouco utilizado hoje em dia.

nailing, End – pregagem de topo.

nailing, Face – pregagem de face.

nailling, Toe – pregagem cruzada.

Notch – pequeno entalhe ou corte numa das faces de uma vigota ou prumo para permitir a passagem de infra-estrutura ou para criar uma superfície de apoio.

O

O.C. – (*On center*); termo e abreviatura utilizados para especificar o espaçamento de elementos repetitivos como prumos e vigotas. O espaçamento é dado ao eixo do elemento.

P

Panel clips – grampos (*clips*) metálicos utilizados para prender os topos de dois painéis de contraplacado numa cobertura que não estejam suportados por tarugos. Como alternativa ao uso dos grampos os topos dos painéis de contraplacado podem ser suportados por tarugos ou os painéis podem ser de construção macho fêmea.

Party wall – parede divisória entre fogos; a construção desta parede é frequentemente feita com dois panos por questões de insonorização e resistência ao fogo.

Pergola – pérgula; elemento exterior de ensombramento geralmente associado a um pátio, varanda, bacia de sacada ou *deck*.

plate, Bottom (ou *sole plate*) – travessa inferior ou de pavimento; a travessa é um elemento horizontal de suporte e ligação dos prumos de uma parede portante ou divisória. Este

elemento tem a mesma secção dos prumos que suporta. A sua fixação é feita por pregagem ao sistema de pavimento onde assenta.

plate, Double top – travessa dupla superior ou de tecto; a travessa dupla é um elemento de ligação dos prumos de uma parede portante e também elemento de suporte para o sistema de pavimento ou cobertura suprajacente. A travessa dupla é constituída por elementos de secção idêntica à dos prumos e longitudinalmente cada travessa individual é desfasada da outra em meio comprimento para permitir a continuidade do elemento. A fixação da travessa dupla aos prumos é feita por pregagem.

plate, Sill – ver *sill, Mud*; o termo também pode referir as travessas duplas em formação do peitoril.

plate, Top – travessa superior ou de tecto; a travessa é um elemento horizontal de ligação dos prumos de uma parede divisória sem funcionamento portante. Este elemento tem a mesma secção dos prumos que liga. A fixação da travessa superior aos prumos é feita por pregagem.

Post – pilar ou pilarete; o termo é aplicado a pilares ou pilaretes que podem estar embutidos numa parede ou expostos; o termo *column* pode eventualmente ser também utilizado sendo, no entanto, a sua utilização mais comum em construção de betão ou aço e referente a elementos de maior dimensão.

Pressure treated – madeira tratada em autoclave. Os elementos caracteristicamente especificados como sendo tratados em autoclave são os frechais de fundação ou outros elementos de madeira em contacto com o betão e com proximidade ao solo.

Purlins – madre; viga ou vigota que cria um suporte intermédio às varas da cobertura. Na construção *light framing*, quando são utilizadas madres é comum que a dimensão dos elementos seja semelhante à das varas.

R

Rafter – vara

rafter, Hip – rincão, geralmente elemento único e com maior altura do que as varas para que estas possam ser pregadas.

rafter, Ridge – vigota de cumeeira; este elemento tem maior altura para permitir a pregagem das varas, ver *beam rafter*.

rafter, Valley – Laró; geralmente, elemento duplo para facilitar a pregagem do forro e com maior altura do que as varas para que estas possam ser pregadas.

rafters, Jack – varas que vencem o vão entre a travessa superior e o rincão ou laró numa cobertura de várias águas.

Rain water leader – tubo de queda; devido às características do sistema construtivo a aplicação do tubo de queda é sempre feita pelo exterior.

Roof overhang – projecção do beirado; termo utilizado quando se pretende especificar a dimensão do beirado e não o beirado em si; ver também *eave* e *soffit*.

roof, Flat – cobertura plana.

roof, Gable – cobertura de duas águas.

roof, Hip – cobertura de 4 ou mais águas.

roof, Shed or lean to roof – cobertura de uma água ou telhado de alpendre. Num contexto industrial o termo *shed* refere-se no entanto a uma cobertura em dente de serra.

Roofing felt – feltro betuminoso; tela de poliéster ou fibra de vidro impregnada com asfalto betuminoso. Este material, em rolo, precede a colocação das telhas (asfálticas, de madeira ou de barro vermelho) na cobertura inclinada, funcionando como uma segunda camada de

impermeabilização. Esta tela é impermeável (à água no estado líquido e pouco permeável ao vapor de água), implicando assim a necessidade de ventilação do seu plano tardo.

S

Saw kerf – corte feito num elemento de madeira com serra circular; o corte tem a largura da lâmina e pouca profundidade. Este tipo de corte é utilizado para permitir a eventual aplicação de perfis ou remates metálicos.

Shakes – telha de madeira (soleto de madeira) com a face exterior rugosa. O fabrico deste tipo de telha resulta da separação de duas telhas a partir de um bloco recorrendo a uma cunha metálica (*splitting*). Assim, cinco das suas faces são planas e a face resultante do processo de *splitting* evidencia a estrutura lenhosa da peça.

Sheathing – forro (termo aplicado ao forro inferior ou de suporte de pavimento, paredes ou cobertura).

Sheathing, Spaced – revestimento das varas de cobertura com régua espaçada como suporte para telhas de madeira; o espaçamento entre as régua é igual à sobreposição das telhas de madeira.

Shed – pequeno edifício de apoio de jardim.

Shimming – palmetas, enchimento por palmetas para garantir que um elemento fique nivelado.

Shingles – telha de madeira (soleto de madeira) com as faces planas. Como as telhas não são aplainadas apresentam a rugosidade e marcas resultantes do corte da serra. Em corte, este tipo de telha apresenta um perfil que estreita gradualmente do topo inferior ao superior da peça (ver *tapered*).

siding, Wood – Revestimento exterior de madeira; o revestimento de madeira pode ser de régua de madeira, contraplacado ou telhas de madeira. As régua podem ser aplicadas na horizontal



Fig. 14-6 Telha de madeira tipo *Shake*.
(fleurdelisconstruction.net)

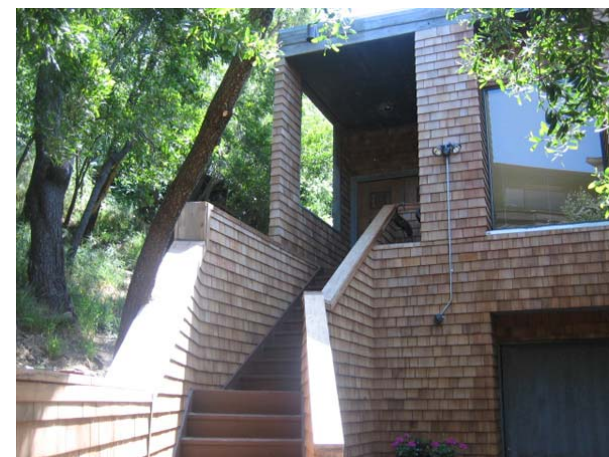


Fig. 14-7 Telha de madeira tipo *shingle* em forro exterior como *siding* (bestroofingca.com)

ou na vertical, sendo que no caso de aplicação horizontal o revestimento é geralmente chamado clapboarding. As formas mais comuns de aplicação das régua na horizontal são: *bevel, lap, ship lap, drop*; na vertical as formas mais comuns são: *board and batten* (régua e mata junta), *board on board* (bate e espera), *tongue and groove* (macho fêmea). A fixação das régua aos elementos de suporte é feita através de pregagem

sill, Mud / Sill Plate – frechal/travessa de fundação; elemento horizontal que serve de transição entre a fundação corrida de betão armado e a estrutura de madeira. A fixação do frechal à fundação é feita por intermédio de varão de aço roscado embutido no betão, (ver *anchor bolt*). A fixação das vigotas do pavimento térreo é feita ao frechal. Em casos onde o pavimento térreo seja composto por laje de betão o frechal antecede a travessa inferior da parede. (ver fig. 14-1).



Fig. 14-8 Fecho de um beirado com forro pela face inferior – *soffit*. (universalbuilders.net)

Soffit – termo utilizado para a parte inferior de um beirado que se encontre forrada ocultando desta forma a projecção das varas. Ver *eave*.

Stair nosing – focinho de um degrau

Stair riser – espelho de um degrau

Stair tread – cobertor de um degrau

Stringer – perna (perna recortada ou perna galgada) da estrutura de uma escada.

Strut – escora; elemento de suporte sujeito apenas a esforços de compressão, como por exemplo um prumo colocado para apoio de uma madre.

Strut, Drag – tirante/escora (esforços de tracção e compressão) embutido no plano do pavimento ou cobertura que serve para garantir a transferência de esforços entre diafragmas. Em configurações com corpos salientes ou aberturas consideráveis num diafragma torna-se necessária a aplicação de um tirante no alinhamento das paredes do corpo saliente ou das cadeias no caso da abertura. Este tirante permite a dissipação de cargas concentradas na

abertura ou na transição geométrica para o resto do diafragma. A construção do tirante é feita através da colocação de uma viga ou de uma cadência de tarugos consoante a direcção da armação do pavimento ou cobertura. Nas descontinuidades da viga e dos tarugos é aplicado um tirante de chapa galvanizada para garantir a transferência de esforços de tracção.

Stucco – reboco (em que as camadas *brown coat*, *scratch coat*, *final coat* correspondem a chapisco, emboço e reboco)

Stud – prumo; o prumo é um elemento vertical repetitivo de suporte numa parede portante (frontal) ou divisória (tabique). Este elemento, quando de madeira maciça é de secção rectangular com o comprimento orientado perpendicularmente ao plano da parede. A sua fixação é feita por pregagem cruzada e de topo a uma travessa inferior e superior. O espaçamento dos prumos é um submúltiplo da dimensão das placas de forro estrutural aplicadas pelo exterior da parede no caso das paredes portantes ou das placas de gesso cartonado no caso de divisórias interiores. A dimensão dos prumos varia em função das cargas que suporta e da quantidade de isolamento térmico que permite colocar nas cavidades entre prumos.

stud, Cripple – prumo de menor altura em formação de uma abertura ou numa parede curta, como por exemplo num parede exterior com fundação escadeada. Ver *cripple wall*.

stud, Double – prumo duplo; elemento empregue para suporte de uma carga pontual como por exemplo no caso de uma verga sobre uma abertura.

Stud, Jack – prumo (de menor altura).

stud, King – o prumo de maior altura num conjunto de prumos com alturas diferentes.

Subfloor – primeira camada do forro de um sistema de pavimento que corresponde ao forro estrutural (contraventamento). Em acabamentos de pavimento que requeiram um pavimento bastante desempenado, como por exemplo um pavimento de linóleo, recorre-se

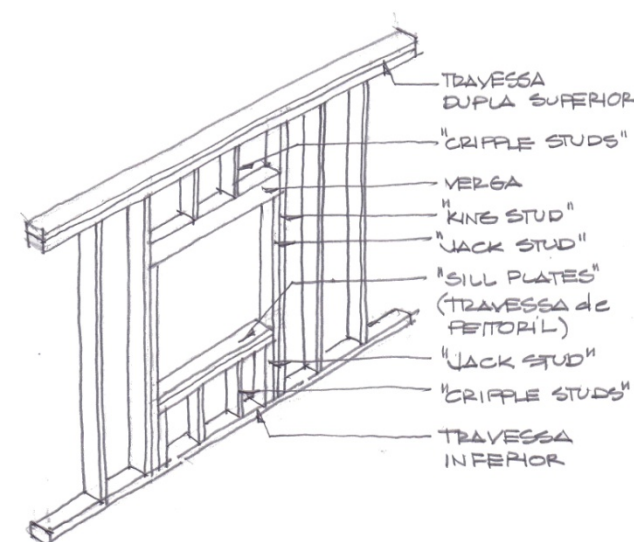


Fig. 14-9 Studs. (des. autor)

à aplicação do forro estrutural e seguidamente uma camada de painéis de aglomerado de partículas. O aglomerado é fixado à camada inferior com pregos de acabamento (sem cabeça) e seguidamente afagado para garantir o nivelamento desejado; ver *underlayment*.

Subflooring and underlayment – base para pavimento; forro offset joints to subflooring and should not coincide with framing below

T

Tapped – adoçado. Termo utilizado para referir um elemento ou parte de um elemento que é adoçado ou reduz de secção.

Termite shield – elemento de chapa metálica cuja inclinação dificulta a entrada de térmitas na estrutura de madeira. A aplicação destes elementos em chapa ocorre nos elementos de fundação e em qualquer infraestrutura que crie uma ponte de acesso à estrutura de madeira, como por exemplo tubos de esgoto ou água.

Threshold – Soleira.

U

Underlayment – forro de aglomerado de partículas colocado por cima do forro estrutural de pavimento. Esta camada é utilizada quando é necessário obter uma base bem nivelada para assentamento de um pavimento como por exemplo linóleo; ver *subfloor*.

V

Vapor retarder – retardador de vapor; película com uma permeabilidade reduzida ao vapor colocada numa parede, pavimento ou cobertura e que tem como objectivo eliminar o potencial de condensações em locais intersticiais.

vent, Screened – abertura de ventilação com grelha aramada; na construção típica *light framing* tanto a cobertura como o pavimento são ventilados, sendo necessário a colocação de grelhas ou redes para impedir a entrada de aves, roedores ou insectos.

W

Wall, Gable – parede ou tímpano de preenchimento do topo superior de uma empena de um edifício com cobertura de duas águas. Em virtude das paredes serem construídas piso a piso o triângulo de remate da empena é construído como uma parede triangular que se sobrepõe à parede exterior do último piso. A travessa inferior da *gable wall* é pregada de face à travessa superior dupla da parede de apoio.

wall, Cripple – parede de menor altura, como por exemplo sobre uma fundação escadeada. Ver *cripple stud*.

Wall, Shear – parede portante (frontal) com capacidade de resistência a acções horizontais (sismo e vento).

wall, Stud – parede de prumos.

Waterproofing – sistema de impermeabilização.

Weep holes – furos de drenagem; termo utilizado para os furos de drenagem no pano de alvenaria numa parede dupla com panos de alvenaria e madeira.

Wood sleepers – serraños quando aplicados num sistema de pavimento.

15 Referências (de acordo com ISO 690)

APA . 1996. *Nonresidential Roof Systems Design/Construction Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1996.

Simpson Strong-Tie. 2008. *Wood Construction Connectors*. Pleasanton, CA : Simpson Strong-Tie USA, 2008.

U.S. Department of Energy. 2000. *Advanced Wall Framing. Technology Fact Sheet. U.S. Department of Energy*. 2000.

A Decade of Innovation in Particleboard and Composite Materials: a content analysis of Washington State University's International Particleboard/Composite Materials Symposium Proceedings. **Peters, James S., Damery, David T. e Clouston, Peggi**. No. 1, s.l. : Journal of Forest Products Business , Vol. 3.

AF & PA. 1992. *Wood Structural Design Data*. Washington, DC : American Forest and Paper Association, 1992.

—. **2001.** *2001 Edition Supplement, Special Design Provisions for Wind and Seismic. Allowable Stress Design ASFD) / Load and Resistance Factor Design (LRFD) Manual For Engineered Wood Construction*. Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2001.

—. **2007.** *Application of Technical Report 12 for Lag Screw Connections*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2007.

—. **2003.** *Calculating the Fire Resistance of Exposed Wood Members*. Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2003. Technical Report 10.

—. *Code Conforming Wood Design: Commentary on the International Building Code (IBC), Chapter 23 – Wood*. Washington, DC : American Forest and Paper Association.

—. *Code Conforming Wood Design: Wood Use Provisions in the 1997 Uniform Building Code and 2000 IBC*. Washington, DC : American Forest and Paper Association.

—. *Code Conforming Wood Design: Wood Use Provisions in the 1999 BOCA NBC and 2000 IBC*. Washington, DC : American Forest and Paper Association.

—. *Code Conforming Wood Design: Wood Use Provisions in the 1999 SBC and 2000 IBC*. Washington, DC : American Forest and Paper Association.

—. **2002.** *Design for Code Acceptance No. 1, Flame Spread Performance of Wood Products*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2002.

—. **2001.** *Design for Code Acceptance No. 2, Design of Fire-Resistive Exposed Wood Members*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2001.

—. **2007.** *Design for Code Acceptance No. 3, Fire Rated Wood Floor and Wall Assemblies*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2007.

—. **2004.** *Design for Code Acceptance No. 4, Component Additive Method (CAM) for Calculating and Demonstrating Assembly Fire Endurance*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2004.

—. **2001.** *Design for Code Acceptance No. 4, Post-Frame Buildings*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2001.

—. **2006.** *Design Values for Joists and Rafters - Supplement to Span Tables for Joists and Rafters, 2005 edition.* Washington, DC, 2005 : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **2001.** *Details for Conventional Wood Frame Construction.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2001.

—. **2005.** *Fastener Corrosion Fact Sheet.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2005.

—. *Guide to Wood Construction in High Wind Areas for One-and-Two-Family Dwellings – 100 mph Exposure B Wind Zone.* Washington, DC : American Forest & Paper Association.

—. **2006.** *Guide to Wood Construction in High Wind Areas for One-and-Two-Family Dwellings – 110 mph Exposure B Wind Zone.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **2006.** *Guide to Wood Construction in High Wind Areas for One-and-Two-Family Dwellings – 120 mph Exposure B Wind Zone.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **2006.** *Guide to Wood Construction in High Wind Areas for One-and-Two-Family Dwellings – 130 mph Exposure B Wind Zone.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **2006.** *Guide to Wood Construction in High Wind Areas for One-and-Two-Family Dwellings – 90 mph Exposure B Wind Zone.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **1996.** *Load and Resistance Factor Design (LRFD) Manual For Engineered Wood Construction.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 1996.

—. **2005.** *Manual for Engineered Wood Construction.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2005.

—. **2001.** *Mold and Moisture in Homes Fact Sheet.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2001.

—. **2006.** *National Design Specification® (NSD®) For Wood Construction Commentary.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2006.

—. **2005.** *Span Tables for Joists and Rafters.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2005.

—. **1999.** *Technical Report 12. General Dowel Equations for Calculating Lateral Connections Values.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 1999.

—. **2003.** *Technical Report 14. Design for Lateral-Torsional Stability in Wood Members.* Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2003.

—. **2007.** *Toenail Connections.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2007.

—. **2005.** *Wind and Seismic, Special Design Provisions for Wind and Seismic.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2005.

—. **2003.** *Wood Construction Data No. 2, Tongue and Groove Decking.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2003.

—. **2003.** *Wood Construction Data No. 4, Plank-and-Beam Framing for Residential Buildings.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2003.

—. **2003.** *Wood Construction Data No. 5, Heavy Timber Construction.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2003.

—. **2006.** *Wood Construction Data No. 6, Design of Wood Frame Structures for Permanence.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2006.

—. **2005.** *Wood Frame Construction Manual Workbook.* Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2005.

AITC. 2001. *AITC 110-2001: Standard Appearance Grades For Structural Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2001.

—. **2003.** *AITC 104-2003: Typical Construction Details.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2003.

—. **1993.** *AITC 108-93: Standard for Heavy Timber Construction.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1993.

—. **1998.** *AITC 109-98: Standard For Preservative Treatment Of Structural Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1998.

—. **2005.** *AITC 111-2005: Recommended Practice For Protection Of Structural Glued Laminated Timber During Transit, Storage And Erection.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2005.

—. **1979.** *AITC 111-79: Recommended Practice For Protection Of Structural Glued Laminated Timber During Transit, Storage And Erection.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1979.

—. **1993.** *AITC 112-93: Standard For Tongue-and-Grove Heavy Timber Roof Decking.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1993.

—. **2001.** *AITC 113-2001: Standard For Dimensions Of Structural Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2001.

—. **2004.** *AITC 117-2004: Standard Specifications For Structural Glued Laminated Timber Of Softwood Species.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2004.

—. **1996.** *AITC 119-96: Standard Specifications For Structural Glued Laminated Timber Of Hardwood Species.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1996.

—. **1996.** *AITC Technical Note 10: AITC Quality Control Program.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1996.

—. **1987.** *AITC Technical Note 11: Checking In Glued Laminated Timber.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1987.

—. **2002.** *AITC Technical Note 12: Designing Structural Glued Laminated Timber For Permanence.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2002.

—. **1994.** *AITC Technical Note 14: Use Of Epoxies In Repair Of Structural Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1994.

—. **2004.** *AITC Technical Note 18: Evaluation Of Checking In Glued Laminated Timbers.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2004.

—. **2005.** *AITC Technical Note 18: In-Service Inspection, Maintenance And Repair Of Glued Laminated Timbers Subject To Decay Conditions.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2005.

— . **2002.** *AITC Technical Note 19: Guidelines For Evaluation Of Drilled Holes And Notches In Structural Glued Laminated Timber Beams.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2002.

— . **1992.** *AITC Technical Note 20: Guidelines To Minimize Moisture Entrapment In Panelized Wood Roof Systems.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1992.

— . **1995.** *AITC Technical Note 21: Use Of A Volume Effect Factor In The Design Of Glued Laminated Timber Beams.* AITC. Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1995.

— . **2003.** *AITC Technical Note 24: Guide For Specifying Structural Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2003.

— . **1996.** *AITC Technical Note 7: Calculation Of Fire Resistance Of Glued Laminated Timbers.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1996.

— . **1992.** *AITC Technical Note 7: Deflection Of Glued Laminated Timber Arches.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1992.

— . **2002.** *AITC Technical Note 8: Bolts In Glued Laminated Timber.* Englewood, Colorado : American Institute for Timber Construction, 2002.

— . **2002a.** *Guidelines for evaluation of drilled holes and notches in structural glues laminated timber beams.* Englewood, CO : s.n., 2002a.

— . **2005a.** *In-service inspection, maintenance and repair of glued laminated timbers subject to decay conditions.* Centennial, CO : s.n., 2005a.

— . **2001.** *Laminated Timber Design Guide.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2001.

— . **1998a.** *Standard for Preservative Treatment.* Englewood, CO : s.n., 1998a.

— . **2004.** *Standard Specifications for Structural Glued Laminated Timber of Softwood Species.* s.l. : American Institute Of Timber Construction, 2004.

— . **1999.** *Structural Glued Laminated Timber in Religious Structures.* Englewood, Colorado : American Institute of Timber Construction, 1999.

— . **2003.** *Superior Fire Resistance.* Centennial, Colorado : American Institute of Timber Construction, 2003.

— . **2003.** *Superior Fire Resistance.* Centennial : American Institute of Timber Construction, 2003.

— . **2003a.** *Superior Fire Resistance.* Centennial : American Institute of Timber Construction, 2003a.

Alberti, Leon Batista. reprint 1986. *The Ten Books of Architecture (1755).* New York : Dover, reprint 1986.

Allen, D. E. e Pernica, G. 1998. *Control of Floor Vibration. Construction Technology Update.* Dez de 1998, Vol. No. 22.

APA . 1996. *All-Wood Roofs Top Warehouse Complex – Panelized Roofs Provide Strength and Quality.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1996.

— . **2007.** *Full-Scale House Test Project, Effect of Return Corners and Hold Downs.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **1999.** *Glulam in Railroad Construction*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2003.** *Glulam in Sacred Spaces – Wood Inspires Church and Synagogue Design*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **1999.** *Nailed Structural-Use Panel and Lumber Beams*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2005.** *Non-Load-Bearing Partitions on APA Structural Panel Floors*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2000.** *Post-Frame Construction Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

APA. 1999. *303® Siding Manufacturing Specifications*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **1996.** *A Work of Art – South Dakota Gallery Uses SIP Building System*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1996.

—. **2006.** *APA Narrow Wall Bracing Method Framing Tips*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2002.** *APA Panels for Soffit Applications*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2001.** *APA Performance Rated Panel Subfloors under Hardwood Flooring*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **2002.** *APA Rated Sturd-I-Floor Panel Application for Manufactured Homes*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2006.** *APA Structural-Use Panels over Spaced-Board Roofs*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2003.** *Bear Hill Condominium: OSB has a “Bearing” on Massachusetts Condominium Project*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2000.** *Beaverton City Library: A Forest of Gluelam*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **2005.** *Buckling of Wood Structural Panel Sheating*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2002.** *Build a Better Home, Avoiding Moisture Accumulation in Walls*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2003.** *Build a Better Home, Foundations, Steps to Constructing a Moisture-Resistant Foundation*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2003.** *Build a Better Home, Mold and Mildew, Controlling Mold and Mildew*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2003.** *Build a Better Home, Roofs, Designing Roofs to Prevent Moisture Infiltration*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **1997.** *Building in High Wind and Seismic Zones*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **1998.** *Calculating Fire Resistance of Gluelam Beams and Columns*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **2004.** *Caldera Hearth Center*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **1999.** *Caster Loadings on Plywood*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2000.** *Community Chooses Wood for High School.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **2003.** *Concrete Forming Design/Construction Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **1998.** *Condensation and Wood Structural Panel Wall Sheathing.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **2007.** *Condensation Causes and Control.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **1998.** *Controlling Decay in Wood Construction.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **2004.** *Corrosion-Resistant Fasteners for Construction.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2005.** *Cut Callbacks with Proper Spacing and Nailing.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **1999.** *Design of Structural Glued Laminated Timber Columns.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2004.** *Diaphragms and Shear Walls Design/Construction Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **1998.** *Dimensional Changes in Structural Glued Laminated Timber.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **1995.** *Disney Ice – The Warmth of Wood Heats Up in Anaheim Ice Rink.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1995.

—. **1997.** *Earthquake Safeguards Homeowner's Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2005.** *Engineered Wood Construction Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2002.** *Engineered Wood in School Design.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **1999.** *Engineered Wood Makes the Grade in California Scholl Projects.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2001.** *Engineered Wood Shapes State History – Structural Wood Panels Used to Form Massive Concrete Arches.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **2002.** *Engineered Wood Takes Center Stage in Austin's Palmer Events Center.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2003.** *Environmental Consciousness Raising – A Must-Read at the Lake View Terrace Branch Library.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **1999.** *Evaluation of Check Size in Glued Laminated Timber Beams.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2001.** *Exposing The Elements – Unique Office Design Features Exposes Engineered Wood Products.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **2006.** *Field Notching and Drilling of Glued Laminated Timber Beams.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2002.** *Finishing APS Rated Siding.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2005.** *Fire-Rated Systems.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2002.** *Floor Squeaks: Causes, Solutions and Preventions*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2001.** *From Cold Storage to Hot Ideas – Gluelam save a Gem in Portland's Pearl District*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **1998.** *FRP Plywood*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **2007.** *Full-Scale House Test Project, 3-D Testing with 4:1 Aspect Ratio Wall Bracing*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **2007.** *Full-Scale House Test Project, 3-D Testing with 6:1 Aspect Ratio Portal Frame Wall Bracing*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **2007.** *Full-Scale House Test Project, Effect of Bracing Configurations on Isolated Bracing (Method 3)*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **2006.** *Full-Scale House Test Project, Overview of Test Project*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2007.** *Full-Scale House Test Project, Wall Bracing with a 4:1 Aspect Ratio Using Sheathing Cut Around Openings*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **2001.** *Glued Laminated Beam Design Tables*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **2005.** *Glued Laminated Timber Appearance Classifications*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2003.** *Glued Laminated Timber Appearance Classifications for Construction Applications*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2002.** *Gluelam Beams Keep Duck Fans Dry – University of Oregon's Autzen Stadium Renovation*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2002.** *Gluelam Garage Door Headers Offer Design Options*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood , 2002.

—. **2007.** *Glulam Connections Details*. Tacoma, : APA – The Engineered Wood Association, 2007.

—. **2004.** *Glulam Design Properties and Layup Combinations*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood , 2004.

—. **2004.** *Glulam Design Properties and Layup Combinations Supplemental Tables*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2006.** *Glulam Floor Beams - Strong, Versatile Home Design*. Tacoma, WA : APA – The Engineered , 2006.

—. **2006.** *Glulam in Golf Resort Construction*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association. , 2006.

—. **2005.** *Glulam in Transportation Structures*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2006.** *Glulam Product Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2000.** *Glulam Purlins for Panelized Roofs*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **1997.** *Hog Heaven – Minnesota Company Builds World-Class Facility Using Structural Insulated Panels.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. Home Builder Guidelines Fact Sheet 2. *Wood and Green Building.*

—. **2002.** *How to Minimize Buckling Asphalt Composition Shingles.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2004.** *Hurricane Shutter Designs.* Tacoma, : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2004.** *I-Joist Construction Details.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2006.** *Imported European (Norway Spruce) Gluelam Beams.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **1994.** *Industrial Noise Control.* Tacoma, : APA – The Engineered Wood Association, 1994.

—. **2002.** *Installation and Preparation of Plywood Underlayment for Resilient Floor .* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2006.** *Installation of Stucco Exterior Finish over Wood Structural Panel Wall .* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2003.** *Introduction to Lateral Design.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2002.** *Jumbo Panels for Nonresidential Roofs.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood , 2002.

—. **2004.** *Lateral Load Connections for Roofs Low-Slope Diaphragms.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. LEED® vs Green Globes Fact Sheet 1. *Wood and Green Building.*

—. **2006.** *Load-Span Tables for APA Structural-Use Panels.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2002.** *Midwest Tornadoes – Structural Performance of Wood-Frame Buildings in the Tornadoes of South West Missouri.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **1997.** *Mineral Storage Facility in One of Oregon’s Largest Wood Buildings.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2005.** *Minimize Glulam Checking Through Proper Storage and Handling.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2006.** *Minimize Nail Pops.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2005.** *Minimizing Buckling of Wood Structural Panels in High Risk Applications.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **1999.** *Moisture Control in Low Slope Roofs.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2006.** *Multi-Store Home Improvement Complex Benefits from Retail Therapy.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2006.** *Narrow Wall Bracing Without Hold Downs for Use in a Fully Sheathed House.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2000.** *Noise-Rated Systems Design/Construction Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **1997.** *Northgate Mall Renovation – Ready for the 21st Century*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2005.** *Old World New England Charm Heightened by New World Engineered Wood Products*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **1997.** *OSB is a Winner for International Hotel Chain*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **1997.** *Overlaid Plywood for Signs Industrial Use Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2002.** *PA Rated Sheathing Panel Application Recommendations for Manufactured Homes*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2004.** *Panel Design Specification*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **1997.** *Panel Edge Support for Narrow-Width Roof Sheathing*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2006.** *Panelized Roofs Proven Performers*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **1996.** *Panelized Wood Roof Quenches Pepsi's Need for Speed*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1996.

—. **2004.** *Performance Rated I-Joists*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2000.** *Plywood Diaphragms*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **2003.** *Plywood Floors for Residential Garages*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **2000.** *Post Frame Construction Gives Schools the Right Answer – Charter Schools for National Heritage Academie*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **1998.** *Preliminary Testing of Wood Structural Panel Shear Walls under Cyclic (Reversed) Loading*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **2006.** *Preservative Treatment of Glued Laminated Timber*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2004.** *Proper Installation of APA Rated Sheathing for Roof Applications*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2002.** *Proper Selection and Installation of APA Plywood Underlayment*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2002.** *Proper Storage of Glulam Beams*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **1996.** *REI: A Store with an Environmental Conscience*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1996.

—. **2000.** *Retrofitting Roof for High Wind Uplift*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **2006.** *Roof Sheathing Fastening Schedules for Wind Uplift*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2001.** *Santa Maria Water Reservoir Cover – Glulam Surfaces as the Clear Choice.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **1999.** *Shear Transfer at Wood Engineered Floors.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. *Shear Transfer at Wood Engineered Floors.* s.l. : APA – The Engineered Wood Association.

—. **2001.** *Shiver Me Timbers! Engineered Wood Products Withstand Harsh Environments.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association., 2001.

—. **2001.** *Stairwell Openings in Pri I-APA Joist Floors.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2001.

—. **1997.** *Stapled Sheet Metal Blocking for APA Panel Diaphragms.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2005.** *Steps to Construct a Solid, Squeak-Free Floor System.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2002.** *Storage and Handling of APA Trademarked Panels.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2000.** *Storage, Handling and Safety Recommendations for APA Performance Rated I-Joists.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2000.

—. **1998.** *Structural Insulated Panels Product Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **1998.** *Structural Insulated Panels Product Guide.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1998.

—. **1999.** *Substitution Glulam Beams for Steel or Solid-Sawn Lumber.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2002.** *Temporary Expansion Joints for Large Buildings.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

—. **2006.** *Termite Protection for Wood-Framed Construction.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **1992.** *The Great Cover-Up – Engineered Wood Products Cover Reservoir.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1992.

—. *The Role of Life Cycle Assessment Fact Sheet 3. Wood and Green Building.*

—. **2006.** *The Village at German Town – Wood Delivers Affordable Design for Senior Living.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. *Timber Bridges.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association.

—. **2005.** *Top of the Class – Engineered Wood Earns High Marks in a Las Vegas Elementary School.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **1995.** *Under Three Roofs – Different Roof Styles Meet Food Storage Requirements.* Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1995.

—. *Using Wood to Fight Climate Change Fact Sheet 4. Wood and Green Building.*

—. **Tacoma, WA.** *Welcoming with Wood – Wiscosin Visitors Center Incorporates Gluelams in Design.* 1996 : APA – The Engineered Wood Association, Tacoma, WA.

—. *Whole House Wall Bracing*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association.

—. **2006.** *Wind-Rated Roofs – Designing Commercial Roofs to Withstand Wind Uplift Forces*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2006.

—. **2005.** *Wood Sheathing Builds Business*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **1999.** *Wood Structural Panel Shear Walls*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1999.

—. **2004.** *Wood Structural Panel Shear Walls with Gypsum Wallboard and Window/Door Openings*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2004.

—. **2003.** *Wood Structural Panels over Metal Framing Design/Construction Guide*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2003.

—. **1997.** *Wood Tops Steel – Oregon Steel Joist Manufacturer Utilizes APA Rated Sheathing in Roof System*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 1997.

—. **2005.** *Wood: Sustainable Building Solutions*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2005.

—. **2002.** *Worker Safety on Pitched Roofs*. Tacoma, WA : APA – The Engineered Wood Association, 2002.

Appleton, João Guilherme. 2003. *Reabilitação de Edifícios Antigos: Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Lisboa : Edições Orion, 2003.

—. **2005.** *Reabilitação de Edifícios Gaioleiros*. Lisboa : Edições Orion, 2005.

—. **2005b.** *Reabilitação de Edifícios Gaioleiros*. Lisboa : Edições Orion, 2005b.

Arena, Armstrong / Spallumcheen. The Power of Community Involvement. *Wood WORKS!*

Association, Appalachian Blacksmiths. 2008. All about nails. *Square Nails*. [Online] 2008.

Belle, John, Hoke, John e Kliment, Stephen. 1991. *Traditional Details*. New York : John Wiley & Sons, 1991.

Bland, Kenneth E. *The Impact of Leed™ 2.1 on Wood Markets*. Washington, DC : American Forest & Paper Association.

Branco , Maria, et al. 2005. Importância dos Fungos Cromogéneos na Fileira Florestal. *Escola Superior Agrária de Coimbra*. [Online] 2005. <http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T4-46.pdf>.

Breen, Jack. The Umgebinde Variations. [Online] http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/conferences/CD_d oNotOpen/ADC/final_paper/259.pdf.

Brooks, Rob, Osterberger, Ted, and Coats, Paul. *Addition of Generic, Tested Fire Assemblies in the 2001 ASD Guideline for Wood I-Joists*.

Brown, W. C., Chown, Poirier, G. F. e Rousseau, M. Z. 1999. Designing Exterior Walls According to the Rainscreen Principle. *Construction Technology Update*. Dez de 1999, No. 34.

2006. *Building America Best Practices Series: Builders and Buyers Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Marine Climate*. s.l. : U.S. Department of Energy, 2006. Vol. 5.

C., Feist. William. 1984. *Painting and Finishing Wood For Use Outdoors. New Ideas Materials Procedures.* Washington, DC : Proceedings of Seventh Annual Educational Conference; 1984, February 5-8, 1984.

—. **1985.** *The Outdoor Finish.* Madison, WI : United States Department of Agriculture. Forest Service. Forest Products Laboratory. Forest Services, 1985.

Canada Mortgage and Housing Corporation. *Canadian Wood-Frame House Construction.* Ottawa, ON : Canadian Housing Information Centre, Canada Mortgage and Housing Corporation.

Canadian Wood Council. *Angus Glen Community Centre and Library, Markham, Ontario. Wood WORKS!* Ontario : Canadian Wood Council.

—. *Blue Stain and Construction Lumber. Technical Notes D-1.* Ontario : Canadian Wood Council.

—. **1999.** *Design and Costing Workbook – Single Storey Commercial Wood Structures.* Ontario : Canadian Wood Council, 1999.

—. *Energy and the Environment in Residential Construction. Sustainable Building Series No. 1.*

—. **2000.** *Fire Safety in Residential Buildings. Building Performance Series: No. 2. Building Performance Bulletin.* 2000.

—. *Hamilton and Oyster River Fire Halls (Richmond and Comox, BC).* Ontario : Canadian Wood Council.

—. *Innovative Applications of Engineered Wood.* Ontario : Canadian Wood Council.

—. *Managing Moisture and Wood. Building Performance Series No. 6. Building Performance Bulletin.*

—. *Moisture and Wood-Frame Buildings. Building Performance Series No. 1. Building Performance Bulletin.*

—. *Operations Center Gulf Island National Park Reserve. Wood WORKS!*

—. **2001.** *Termite Control and Wood-Frame Buildings. Building Performance Series: No.3. Building Performance Bulletin.* 2001.

—. **2003.** *Wood-Frame Construction – Meeting the Challenges of Earthquakes. Building Performance Series: No. 5. Building Performance Bulletin.* 2003.

Carvalho, Albino. 1996b. *Madeiras Portuguesas, vol. 2.* Lisboa : Instituto Florestal, 1996b.

—. **1996a.** *Madeiras Portuguesas, vol.1.* Lisboa : Instituto Florestal, 1996a.

CDHS. 1980. *Catalog of STC and IIC Ratings for Wall and Floor/Ceiling Assemblies.* Berkeley, CA : California Department of Health Services, Office of Noise Control, 1980.

—. **2006.** *Mold in My Home: What Do I Do?* Sacramento, CA : California Department of Health Services, Indoor Air Quality Info Sheet, 2006.

CEI-Bois. *Forestry. European Wood Factsheets, Fact Sheet 1.*

—. *The eco-cycle of wood products. European Wood Factsheets, Fact Sheet 5.*

—. *The woodworking industry. European Wood Factsheets, Fact Sheet 2.*

—. *Wood products and climate change. European Wood Factsheets, Fact Sheet 4.*

—. Wood products as Carbon Stores. *European Wood Factsheets, Fact Sheet 3*.

Chasar, Dave, Moyer, Neil, Rudd, Armin F., Parker, Danny e Chandra, Subrato. 2002. *Measured and Simulated Cooling Performance Comparison; Insulated Concrete Form versus Frame Construction*. Washington, DC : Proceedings of ACEEE 2002 Summer Study, American Council for an Energy Efficient Economy, 2002.

Cheung, Kevin C. K. 1998. *Design Load Tables for Solid-Sawn Lumber Beams and Headers: Single 4x and 6x; Built-Up Members with Double and Triple 2x's. Tech Notes*. s.l. : Western Wood Products Association, 1998. Report No. 6.

—. **1994.** *Design Load Tables for Wood Studwalls Subjected to Wind Pressure. Tech Notes*. Western Wood Products Association. Portland. OR : s.n., 1994. Report No. 1.

Clouston, P., Lam, F. E Barrett, J. D. 1998. Incorporating Size Effects in the Tsai-Wu Strength Theory for Douglas-fir Laminated Veneer. *Wood Science and Technology*. 1998, 32, pp. 215-226.

Clouston, Peggi, Lam, Frank e Barret, David. 1998. Interaction Term of Tsai-Wu Theory for Laminated Veneer. *Journal of Material in Civil Engineering*. 1998, p. 115.

Coggins, C.R. 2008. Trends in Timber Preservation - A Global Perspective. *Journal of Tropical Forest Science*. 2008, 20.

Council Directive 89/106/EEC. Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products. *European Commission*. [Online]
http://ec.europa.eu/enterprise/construction/internal/cpd/cpd_en.htm.

CRA. 1997. *Certified Kiln Dried Siding Application Checklist*. Novato, CA : California Redwood Association, 1997.

—. **1997.** *Certified Kiln Dried Siding Patterns and Applications*. Novato, CA : California Redwood Association, 1997.

—. **1995.** *Color Restoration of Redwood Siding and Decks*. Novato, CA : California Redwood Association, 1995.

—. **2001.** *Deck Construction*. Novato, CA : California Redwood Association, 2001.

—. *Deck Over Concrete*. Novato, CA : California Redwood Association.

—. **1998.** *Dimensional Stability of California Redwood*. Novato, CA : California Redwood Association, 1998.

—. **1996.** *Enhancing the Performance of Flat Grain Lumber*. Novato, CA : California Redwood Association, 1996.

—. *Exterior Finishes*. Novato, CA : California Redwood Association.

—. *Exterior Finishes*. Novato, CA : California Redwood Association.

—. **1996.** *Fences – Practical Elegance*. Novato, CA : California Redwood Association, 1996.

—. **1994.** *Finger-Jointed and Glued Redwood Products*. Novato, CA : California Redwood Association, 1994.

—. **1998.** *Lumber Grades and Uses*. Novato, CA : California Redwood Association, 1998.

—. **1998.** *No-Maintenance Option Naturally Weathered Redwood*. Novato, CA : California Redwood Association, 1998.

—. **1997.** *Painting Redwood Siding: Guidelines to Extending Maintenance Cycles*. Novato, CA : California Redwood Association, 1997.

—. **1994.** *Redwood Fences For All Reasons*. Novato, CA : California Redwood Association, 1994.

—. **2002.** *Redwood Forests Certified for Sustainable Harvests*. Novato, CA : California Redwood Association, 2002.

—. **2004.** *Redwood Lumber Patterns No. 17*. Novato, CA : California Redwood Association, 2004.

—. **1998.** *Using Redwood Siding Rigid Foam Sheathing*. Novato, CA : California Redwood Association, 1998.

—. **1997.** *Using Redwood: An Environmentally Sound Decision*. Novato, CA : California Redwood Association, 1997.

Cruz, Helena e Nunes, Lina. 2009. Durabilidade e Protecção de Estruturas de Madeira. *Construção Magazine*. 2009, 34.

Cruz, Helena. 2007. Estrutura de madeira lamelada em Portugal. Instrumentos para a garantia de qualidade. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. 2007, Vol. II, 1.

Cruz, Helena, Nunes, Lina e Machado, José Saporiti. 2001. *COM 82 - Inspeção e avaliação de estruturas de madeira*. Lisboa : LNEC, 2001.

Dacquisto, David J., Jay H. Crandell, Jamie Lyons. 2004a. *Building Moisture and durability - Past, present and future work (PATH)*. Washington, DC : US Department of Housing and Urban Development - Office of policy development and research, 2004a.

Denig, Joseph, Wengert, Eugene M. e Simpson, William T. *Drying Harwood Lumber*. United States Department of Agriculture. Madison, :

Forest Service. Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-118.

Di Lenardo, Bruno. 2000. A Method for Evaluating Air Barrier Systems and Materials. *Construction Technology*. Dez de 2000, Vol. No. 46.

Donegan, Vernon, Fantozzi, Jeffrey, Jourdain, Charles, Kersell, Keith, Migdal, Alex, Springate, Robert e Tooley, James. *Understanding Extractive Bleeding*. Novato, CA : California Redwood Association.

Douglas, Bradford K. e Sugiyama, Hideo. 2001. *Perforated Shearwall Design Approach*. s.l. : Washington, DC, 2001.

Douglas, Bradford K. e Weeks, Brian R. *Considerations in Wind Design of Wood Structures*. Washington, DC : American Forest & Paper Association.

EN 1075:1999 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Joints made with punched metal plate fasteners*.

EN 12512:2001 /A1:2005 (Ed.1). *Timber structures. Test methods. Cyclic testing of joints made with mechanical fasteners*.

EN 1313-1:1997/A 1:1999 (Ed. 1) . *Round and sawn timber. Permitted deviations and preferred sizes. Part 1: Softwood sawn timber*.

EN 1313-2:1998 (Ed. 1) . *Round and sawn timber. Permitted deviations and preferred sizes. Part 2: Hardwood sawn timber*.

EN 13168: 2001/A1: 2004. *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios—Produtos manufacturados em lâ de madeira (WW)—Especificação*.

EN 13168: 2001/AC: 2005. *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios—Produtos manufacturados em lã de madeira (WW)—Especificação.*

EN 13171: 2001. *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios—Produtos manufacturados de fibras de madeira (WF)—Especificação.*

EN 13171: 2001/A1: 2004. *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios—Produtos manufacturados de fibras de madeira (WF)—Especificação.*

EN 13171: 2001/AC: 2005. *Produtos de isolamento térmico para aplicação em edifícios—Produtos manufacturados de fibras de madeira (WF)—Especificação.*

EN 13271:2001 (Ed.1). *Timber fasteners. Characteristic load-carrying capacities and slip slipmoduli.*

EN 1380:1999 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Load bearing nailed joints.*

EN 1381:1999 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Load bearing stapled joints.*

EN 1382:1999 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Withdrawal capacity of timber fasteners. .*

EN 1383:1999 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Pull through resistance of timber fasteners.*

EN 13986: 2004. *Painéis à base de madeira para uso na construção—Características, avaliação da conformidade e marcação.*

EN 14080:2005 (Ed.1). *Estruturas de madeira. Madeira lamelada colada. Requisitos.*

EN 14081-1:2005 (Ed.1). *Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements.*

EN 14081-2:2005 (Ed. 1). *Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 2: Machine grading; additional requirements for initial type testing.*

EN 14081-3:2005 (Ed. 1). *Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 3: Machine grading; additional requirements for factory production control.*

EN 14081-4:2005+A3:2008 (Ed. 1). *Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 4: Machine grading - Grading machine settings for machine controlled systems.*

EN 14250: 2004. *Estruturas de madeira—Requisitos relativos a produtos para asnas.*

EN 14342: 2005. *Pavimentos de madeira—Características, avaliação da conformidade e marcação.*

EN 14374: 2004. *Estruturas de madeira—Madeira micro lamelada-colada—Requisitos.*

EN 14374:2004 (Ed.1). *Estruturas de madeira. Madeira micro lamelada-colada (LVL) - Requisitos.*

EN 14545:2008 (Ed.1). *Timber structures. Connectors. Requirements.*

EN 14592:2008 (Ed.1). *Timber structures. Dowel-type fasteners. Requirements.*

EN 1995-1-1:2004. *Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings.*

EN 1995-1-2:2004. *Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design.*

EN 26891:1991 (Ed.1). *Timber structures. Joints made with mechanical fasteners. General principles for the determination of strength and deformation characteristics (ISO 6891: 1983).*

EN 28970:1991 (Ed.1). *Timber structures. Testing of joints made with mechanical fasteners. Requirements for wood density (ISO 8970: 1989).*

EN 335-1:2006 (Ed. 2) . *Durability of wood and wood- based products. Definition of use classes. Part 1: General.*

EN 335-2:2006 (Ed. 2) . *Durability of wood and wood-based products. Definition of use classes. Part 2: Application to solid wood. .*

EN 335-3:1995 (Ed. 1) . *Durability of wood and wood-based products. Definition of hazard classes of biological attack. Part 3: Application to wood-based panels. .*

EN 336:2003 (Ed. 2) . *Structural timber. Sizes, permitted deviations. .*

EN 338:2003 (Ed. 2) . *Structural timber. Strength classes. .*

EN 351-1: 2006. *Durability of wood and wood-based products. Preservative-treated solid wood. Classification of preservative penetration and retention .*

EN 380:1993 (Ed. 1). *Estruturas de madeira. Métodos de ensaio. Princípios gerais para ensaios estáticos de carga.*

EN 383:2007 (Ed. 2). *Timber Structures. Test methods. Determination of embedment strength and foundation values for dowel type fasteners.*

EN 386:2001 (Ed. 2) . *Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements.*

EN 387:2001 (Ed. 1) . *Glued laminated timber. Large finger joints. Performance requirements and minimum production requirements.*

EN 408:2003 (Ed. 2). *Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties.*

EN 409:1993 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Determination of the yield moment of dowel type fasteners. Nails.*

EN 460:1995. *Durabilidade da Madeira e de Produtos Derivados. s.l. : IPQ.*

EN 594:1995 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Racking strength and stiffness of.*

EN 596:1994 (Ed. 1). *Timber structures. Test methods. Soft body impact test of timber framed walls.*

EN 599-1:1996 (Ed. 1). *Durability of wood and wood-based products. Performance of preventive wood preservatives as determined by biological tests. part 1: Specification according to hazard class.*

EN 599-2:1995 (Ed. 1). *Durability of wood-based products. Performance of preventive wood preservatives as determined by biological tests. Part 2: Classification and labelling.*

EN 789:2004 (Ed. 2). *Timber structures. Test methods. Determination of mechanical properties of wood based panels.*

EN 942:2007 (Ed. 2). *Timber in joinery. General requirements.*

Engel, Heinrich. 1988 rep. *The japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture.* Rutland, Vermont : Charles Tuttle, 1988 rep.

European classes for the reaction to fire performance of wood products.
Ostman, Birgit , Esko Mikkola. s.l. : Holz als Roh und Werkstoff, Vols. 64: 327-337.

1998. *Factory And Site-Built Housing - A Comparison For The 21st Century.* Washington, D.C : U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, 1998.

1998. *Factory And Site-Built Housing - A Comparison For The 21st Century.* Washington, D.C. : U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, 1998.

FAO. 1956. Housing Development in Indonesia. *fao.org.* [Online] 1956.
<http://www.fao.org/docrep/x5378e/x5378e02.htm>. X5378/E.

—. **2001.** *State of the World Forests.* Washington, DC : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001.

Feist, William C e Sell, Jürgen. 1986. U.S. and European Finishes for Weather-Rexposed Wood - A Comparison. *Forest Products Journal.* 1986, Vol. 36, No. 4.

Feist, William C. 1986. Weathering Performance Of Painted Wood Pretreated With Water-Repellent Preservatives. *Forest Products Journal.* 1986, Vol. 40, No. 4.

Fisette, Paul. 2008. Cellulose Insulation – A Smart Choice. *University Of Massachusetts.* [Online] 2008.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/cellulose_insulation.html.

—. **2005.** Choosing Between Oriented Strandboard and Plywood. *University Of Massachusetts.* [Online] 2005.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/osb_vs_plywood.html.

—. **2007.** Common Failures in Wood Structures. *University Of Massachusetts.* [Online] 2007.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/common_failures_in_wood_structures.html.

—. **2002.** Details That Keep Walls Watertight. *University Of Massachusetts.* [Online] 2002.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/watertight_wall.html.

—. **2004.** Do You Lay Decking Bark-Side Up or Bark-Side Down? *University Of Massachusetts.* [Online] 2004.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/decking_bark%20side%20up_bark%20side%20down.html.

—. **2005.** Evaluating OSB for Coastal Roofs. *University Of Massachusetts.* [Online] 2005.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/OSB_CoastalRoofs.html.

—. **2001.** Housewraps, Felt Paper and Weather Penetration Barriers. *University Of Massachusetts.* [Online] 2001.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/housewraps_felt_paper_weather_penetration_barriers.html.

—. **2005.** Insulating on the Outside. *University Of Massachusetts.* [Online] 2005.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/insulating_on_the_outside.html.

—. **2000.** The Evolution of Engineered Wood I-Joists. *University Of Massachusetts.* [Online] 2000.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/i_joist.html.

—. **2005.** Wood Myths: Facts and Fictions About Wood. *University Of Massachusetts*. [Online] 2005.
http://www.umass.edu/bmatwt/publications/articles/wood_myth.html.

Fletcher, Sir Banister. 1989. *A History of Architecture 19th ed.*. London : Butterworths, 1989.

Forintek Canada Corp. 2002. *Moisture and Durability*. Canada : Forintek Canada Corp. and Canada Mortgage and Housing Corporation, 2002.

—. **2003.** *Properties of Lumber with Beetle-Transmitted Bluestain*. *Wood Protection Bulletin*. Vancouver : Forintek Canada Corp., 2003.

—. **2005.** *Protecting and Finishing Log Buildings*. s.l. : Forintek Canada Corp., 2005.

Francis, Sam W. e Stone, Jeffrey B. *The International Building Code and Its Impact on Wood-Frame Design and Construction. Apresentado na "1998 A.S.A.E. Annual International Meeting", em Julho de 1998, Orlando, Florida*. s.l. : American Forest & Paper Association.

Galligan, William, DeVisser, Donald. *Machine Grading Procedures under The American Lumber Standard*. Portland, OR : West Coast Lumber Inspection Bureau.

Graíño, José M. Bermúdez. De La Madera Y sobre la Evolución del Tablero. *Tectónica*. pp. 14-27.

Halliwell, R.E., et al. 1998. *Gypsum Board Walls: Transmission Loss Data*. s.l. : Institute for Research for Research in Construction. National Research Council Canada, 1998.

HAZLEDEN, D.G. e Morris, P. I. *Designing For Durable Wood Construction: The 4 Ds. Apresentado na 8th International Conference On Durability Of Building Materials And Components, de 30 de Maio a 3 de Junho de 1999 em Vancouver, Canada*.

Heritage, English. Archeology Review 1997-98. 4.14: The work of Historical Analysis and Research Team. *English Heritage*. [Online] www.eng-gov.uk/archrev/rev97_8/content1.htm.

—. Stanton Drew Stone Circle New Geophysical Survey Evidence. [Online] [Citação: 12 de 4 de 2007.] <http://www.english-heritage.org.uk/>.

Herzog, Thomas e al, et. 2004. *Timber Construction Manual*. Basel : Birkhauser, 2004.

Hinds, Michael Decourcy. 1982. Urea-Formaldehyde insulation ban advised. *New York Times*. [Online] 4 de 2 de 1982.
<http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?sec=health&res=9C05E4D61F38F937A35751C0A964948260&n=Top/Reference/Times%20Topics/Subjects/L/Law%20and%20Legislation>.

Hiwo. 1996. Brettstapel systeme - Katalog. *Katalog*. Wolfegg : Hiwo GmbH, 1996.

Hugues, Theodor, et al. 2004. *Timber Construction: details, products, case studies*. Basel : Birkhauser, 2004.

Importância dos Fungos Cromogêneos na Fileira Florestas. A Avaliação Preliminar da sua Distribuição em Portugal. **Branco, Maria Isabel, Lina Nunes, Helena Pereira. 2006.** Coimbra : s.n., 2006.

Kennedy, Rosemary et al. 2005. *The New Queenslander: a Contemporary Environmentally Sustainable Timber House*. Pretoria,

South Africa : International Association for Housing Science. XXXIII World Congress on Housing, 2005.

Kostoff, Spiro. 1985. *A History of Architecture: Settings and Rituals*. New York : Oxford University Press, 1985.

Kristensen, Tor. 1999. *Prefab Units of Solid Wood*. Oslo : Norwegian Institute of Wood Technology , 1999.

Kropf, François W., Sell, Jürgen, and Feist, William C. 1991. Comparative Weathering Tests Of North American And European Exterior Wood Finishes. *Forest Products Journal*. 1991, Vol. 44, No. 10.

Kumaran, M. K. e Haysom, J. C. 2002. Low-Permeance Materials in Building Envelopes. *Construction Technology Update*. Mar de 2002, No. 41.

Leroi-Gourhan, André. 1971. *Evolução e Técnicas: o Homem e a Matéria*. Lisboa : Edições 70, 1971.

—. **1971a.** *Evolução e Técnicas: o Homem e a Matéria*. Lisboa : Edições 70, 1971a.

—. **1971.** *Evolução e Técnicas: O meio e as Técnicas*. Lisboa : Edições 70, 1971.

Line, Philip e Douglas, Bradford K. 2001. *Perforated Shearwall Design Method*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2001.

Line, Philip. 2002. *Perforated Shearwall Design*. 2002.

Line, Philip, Showalter, John "Buddy" and Taylor, Robert. 2004. National Design Specification® (NDS®) for Wood Construction. *Wood Design Focus*. 2004.

Line, Philip, Taylor, Robert, Showalter, John e Douglas, Bradford K. 2002. *Changes in the 2001 NDS® for Wood Construction*. Washington, DC : American Forest & Paper Association, 2002.

Liu, K. Y., Baskaran, e A. 2005. Using Garden Roof Systems to Achieve Sustainable Building Envelopes. *Construction Technology Update*. Set de 2005, No. 65.

Machado, José Saporiti. 1996. *ITES 11 - Madeiras de folhosas e resinosas. Nomenclatura comercial*. Lisboa : LNEC, 1996.

—. **2005.** *ITES 14 - Placas de Derivados de Madeira*. Lisboa : LNEC, 2005.

—. **2005.** *Placas de derivados de madeira: tipos de placas e a sua especificação*. Lisboa : LNEC, 2005.

Machado, José Saporiti, Cruz, Helena e Nunes, Lina. 2004. *Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios*. Lisboa : LNEC, 2004.

Martitegui, Francisco Arriaga. Estructuras de Madera. *Tectónica*. pp. 4-27.

2003. Moisture Issues in Homes with Brick Veneer. *Best Practices*. 2003.

Morris, P. I. *Integrated Control of Subterranean Termites: The 6s Approach*. Vancouver : Forintek Canada Corp.

Morris, Paul I. e Wang, Jieying. *Wood Preservation In Canada – 2006*. Vancouver : Forintek Canada Corp.

Morse, Edward S. 1961 rep.. *Japanese Homes and Their Surroundings. 1886*. New York : Dover, 1961 rep.

Mota, Óscar. 2006. *Inovação na Construção Naval em Madeira e seus Compósitos. 1º Caderno - A Madeira como Material de Engenharia Naval.* 2006.

— . **2006.** *Inovação na Construção Naval em Madeira e seus Compósitos. 2º Caderno – Novas Tecnologias e Boas Práticas nos Estaleiros Navais.* 2006.

Navarro, Ana Rita Padeira. *A Lisboa de James Murphy: Uma visão Setecentista. 1º Colóquio Temático, "O município de Lisboa e a Dinâmica Urbana".*

Nightingale, T.R.T. e Sultan, M. A. 1998. Sound Isolation and Fire Resistance of Assemblies with Fire Stops. *Construction Technology Update.* Jul de 1998, No.16.

Nightingale, T.R.T., Halliwell, R.E., Quirt, J.D., Birta, J.A. 2002. *Sound Insulation of Load Bearing Shear Resistant Wood and Steel Stud Walls.* s.l. : National Research Council Canada, 2002.

Non-traditional approaches to subterranean termite control in buildings.

Nobre, Tânia e Nunes, Lina. 2007. s.l. : Taylor and Francis, 2007, *Wood Material Science and Engineering*, Vols. 3-4, pp. 147-156.

NP 2080:1985. *Preservação de madeiras. Tratamento de madeiras para construção.*

NP 4305:1995 (Ed. 1) . *Madeira serrada de pinheiro bravo para estruturas. Classificação visual.*

NP EN 1014-3:2000. *Produtos preservadores de madeira. Creosote e madeira creosotada - Métodos de amostragem e de análise. Parte 3: Determinação do teor em benzo[a]pireno no creosote.*

NP EN 1072:2001 (Ed.1) . *Contraplacado. Descrição das propriedades de flexão para fins estruturais.*

O'Connor, Jennifer. *Survey on actual service lives for North American buildings. Apresentado na Woodframe Housing Durability and Disaster Issues .* Vancouver : Forintek Canada Corp.

Oliver, Paul. 1987. *Dwellings: The House Across the World.* Austin : University of Texas Press, 1987.

Opolovnikov, Alexander, Yelena Opolovnikov. 1989. *The Wooden Architecture of Russia. Houses, Fortifications, Churches.* New York : Harry N. Abrams, 1989.

Packard, Robert. 1981. *Architectural Graphic Standards.* New York : John Wiley & Sons, 1981.

Page, Arnold. 2005. More Stress, less strain with Eurocodes. *The Structural Engineer.* 2005, Vol. 83, 17.

Pinheiro, Fernando Coelho da Silva. 2001. *Construção e Saúde – Contribuição para o estudo, selecção e especificação de materiais de construção inofensivos para a saúde humana.* Lisboa : UTL - Faculdade de Arquitectura, 2001.

Problemas de conservação de madeira em edifícios. **Cruz, H., Machado, J. e Nunes, L. 1994.** Lisboa : LNEC , 1994. 2º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, ENCORE.

Pryce, William. 2005. *Architecture in Wood.* London : Thames & Hudson, 2005.

Quirt, J. D. Nightingale, T. R. T e King, F. 2006. *Guide for Sound Insulation in Wood Frame Construction.* s.l. : National Research Council Canada, 2006.

Quirt, J.D. "CBD-240". *Sound Transmission Through Windows*. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd240_e.html> : National Research Centre-Institute for Research in Construction.

—. *Sound Transmission Through Building Components*. http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/bsi/85-3_e.html : National Research Centre-Institute for Research in Construction.

Rainer, J. H. e Karacabeyli, E. 2000. Ensuring good seismic performance with platform-frame wood housing. *Construction Technology Update*. Dez de 2000, Vol. No. 45.

Ritter, Michael. 1990. *Timber Bridges - Design, Construction, Inspection and Maintenance*. Washington, DC : USDA, 1990.

Robbins, Coreen e Morrell, Jeff. 2002. *Mold, Housing & Wood*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2002.

2003. *Roof Flashing Guidelines*. s.l. : Best Practices, 2003.

Rousseau, M. Z, Poirier, G. F. e Brown, W. C. 1998. Pressure Equalization in Rainscreen Wall Systems. *Construction Technology Update*. Dez de 1998, No. 17.

Santos, Vitor Lopes dos. 1994. *O Sistema Construtivo Pombalino em Lisboa em Edifícios Urbanos Agrupados de Habitação Colectiva. Estudo de um Legado Humanista da Segunda Metade do Século XVIII. Contributos para uma abordagem na área da recuperação e restauro arquitectónico do património*. Lisboa : UTL - Faculdade de Arquitectura, 1994.

Schweitzer, Roland. 2005. Timber in the art of building. *Techniques and Architecture*. Fevereiro / Março, 2005, 476.

Showalter, John "Buddy", Manbeck, Harvey B e Pollock Jr., David G. "LRFD versus ASD for Wood Design". Apresentado na "1998 A.S.A.E.

Annual International Meeting", em Julho de 1998, Orlando, Florida.
Washington, DC : American Forest & Paper Association.

Shubert, Eva. 2000. *A Arte Mudjar: A estética Islâmica na Arte Cristã*. Lisboa : Civilização Editora, 2000.

Simpson Strong Tie. General Corrosion Risks. [Online]
http://www.strongtie.com/productuse/corrosion_risks.htm.

Simpson Strong-Tie. 2008. Barrier Membranes & Preservative-Treated Wood. *Technical Bulletin*. 2008.

—. 2008. Coatings Available. [Online] 05 de 0 de 2008.
<http://www.strongtie.com/productuse/coatings.html>.

—. 2008. *Connectors for Timber and Masonry Construction*. U.K. : Simpson Strong-Tie U.K., 2008.

—. Corrosion Information. [Online]
<http://www.safestronghome.com/resources/corrosion.asp>.

—. 2008. Guidelines for Selecting the Proper Connector. [Online] 05 de 09 de 2008. <http://www.strongtie.com/productuse/selection-guide.html>.

—. 2006. *High Wind Framing Connection Guide*. . Pleasanton, CA : Simpson Strong-Tie Co Inc, 2006.

—. Joint Fastener and Connector Selection Guidelines for New Treated Woods. [Online] <http://www.strongtie.com/productuse/joint-connector-new-wood.html>.

—. 2007. Preservative Pressure Treated Woods Trade Names. [Online] 17 de 12 de 2007. <http://www.strongtie.com/productuse/ptw-tradenames.html>.

—. **2008.** Preservative Treated Wood. *Technical Bulletin*. 2008.

—. Pressure-Treated Wood FAQ. [Online]
<http://www.strongtie.com/productuse/PTWoodFAQs.html>.

—. **2008.** Pressure-Treated Wood with Barrier Membranes FAQs. [Online] 17 de 04 de 2008.
<http://www.strongtie.com/productuse/BarriersFAQs.html>.

—. **2006.** *Seismic Retrofit Guide*. Pleasanton, CA : Simpson Strong-Tie Co Inc, 2006.

Sir George Taylor, et al. 1978 rep. *La Madera (trad. Concepcion Rigau)*. Barcelona : Editorial Blume, 1978 rep.

Stierlin, Henri edit. 1993a. *Architecture of the World - India*. Lausanne : Benedickt Taschen, 1993a.

—. **1993b.** *Architecture of the World - Islamic India*. Lausanne : Benedickt Taschen, 1993b.

Stone, Jeffrey, Line, Philip e Weeks, Brian. 2001. *Perforated Shearwall Design*. Washington, DC : American Forest and Paper Association, 2001.

1996. *Supplement, Structural-Use Panels. Load and Resistance Factor Design (LRFD) Manual For Engineered Wood Construction*. Washington, DC : American Forest and Paper Association, 1996.

Taylor, Robert J. *Designing with LRFD for Wood*.

Teixeira, Gabriela Barbosa e Belém, Margarida Cunha. *Diálogos de Edificação - Técnicas Tradicionais de Construção*. Porto : CRAT.

Thoma, Erwin. 2008. *holz100mittelland*. [Online] 2008.
<http://www.holz100mittelland.ch/index.php?mid=679>.

Thomas Herzog, et al. 2004. *Timber Construction Manual*. Basel : Birkhauser, 2004.

2004. *Timber Construction: Details, Products, Case Studies. Detail Praxis*. Munich : Institut fur international Architektur-Dokumentation GmbH & Co.KG, 2004.

Trachtenberg, Marvin, Isabelle Hyman. 1986. *Architecture: From Prehistory to Post-Modernism*. New York : Harry Abrams, 1986.

Trada. 2003a. *Adhesively bonded timber connections*. High Wycombe : Trada, 2003a.

—. **2003b.** *Glued laminated timber*. High Wycombe : Trada, 2003b.

Trus Joist. 2005. *Conventional Construction For Residential Applications Meeting the Code-Prescribed Limitations of Conventional Construction*. Boise, ID : Trus Joist, A Weyerhaeuser Business, 2005.

—. **2006.** *iLevel™ Trus Joist® TimberStrand® LSL Beam*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2001.** *Rim Board Selection and Installation Guide for Lateral Wind Loads*. Boise, ID : Trus Joist, Weyerhaeuser, 2001.

—. **2002.** *Technical Bulletin for 11/4" Rim Board*. Boise, ID : Trus Joist, Weyerhaeuser, 2002.

—. **2005.** *The FrameWorks® Floor System*. Boise, ID : Trus Joist, Weyerhaeuser Company, 2005.

—. **2006.** *Trus Joist® Beams, Headers, And Columns*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2006.** *Trus Joist® TimberStrand® LSL Beam For Residential Applications*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

Twiss, Richard. 1775. *Travels through Portugal and Spain in 1772 and 1773.* London : Robinson, Becket and Robson, 1775.

Tyree, David P. e Pitts, Dennis L. *The International Building Code and International Residential Code and Their Impact on Wood-Frame Design and Construction.* Washington, DC : American Forest & Paper Association.

U. S. Department of Housing and Urban Developmen. 1987. *Affordable Residential Construction. Challenge and Response .* Washington, D.C : Affordable Housing. U. S. Department of Housing and Urban Development. Office of Policy Development and Research, 1987. Vol. II.

U. S. Department of Housing and Urban Development. 2004. *Building Moisture And Durability Past, Present And Future Work.* Washington, D.C : U. S. Department of Housing and Urban Development. Office of Policy Development and Research, 2004.

—. **2000.** *Fire Ratings.* Washington, D.C : U. S. Department of Housing and Urban Development. Office of Policy Development and Research, 2000.

—. **1999.** *Marketable, Affordable, Durable, Entry-Level Homes To Last.* Washington, D.C : U. S. Department of Housing and Urban Development. Office of Policy Development and Research, 1999.

U.S. Department of Energy. 2006. Builders and Buyers Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Marine Climate. *Building America Best Practices Series.* 2006, Vol. 5.

—. **2004.** *Building America Best Practices Series: Builders and Buyer Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Hot and Humid Climate.* s.l. : U.S. Department of Energy, 2004. Vol. 1.

—. **2005.** *Building America Best Practices Series: Builders and Buyers Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Cold and Very Cold Climates.* s.l. : U.S. Department of Energy, 2005. Vol. 3.

—. **2005.** *Building America Best Practices Series: Builders and Buyers Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Hot-Dry and Mixed-Dry Climates.* s.l. : U.S. Department of Energy, 2005. Vol. 2.

—. **2005.** *Building America Best Practices Series: Builders and Buyers Handbook for Improving New Home Efficiency, Comfort, and Durability in the Mixed-Humid Climate.* s.l. : U.S. Department of Energy, 2005. Vol. 4.

U.S. Department of Housing and Urban Development. 1999. Site Work. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. IX.

—. **1999.** Windows and Doors. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. IV.

U.S. Department of Housing and Urban Development. 1997. Foundations. *The Rehab Guide.* 1997, Vol. I.

—. **1999.** Kitchens and Baths. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. VI.

—. **1999.** Partitions, Ceilings, Floors and Stairs. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. V.

U.S. Department of Housing and Urban Development,. 1999. HVAC/Plumbing. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. VIII.

U.S. Department of Housing and Urban. 1999. Roofs. *The Rehab Guide.* 1999, Vol. III.

UN. 2006. *Consolidated List of Products Whose Consumption and/or Sale Have Been Banned, Withdrawn, Severely Restricted or Not Approved by Governments - Chemicals.* New York : Unites Nations, 2006.

United States Department of Agriculture. 1991. *Dry Kiln Operators Manual. Agriculture Handbook No. 188.* Madison, WI : Forest Service Forest Products Laboratory, 1991.

US Department of Transportation. 2005. *Covered Bridge Manual.* [Online] 2005. <http://www.tfhr.gov/structur/pubs/04098/index.htm> . FHWA-HRT-04-98.

Vint, Bob e Neumann , Christina. *Southwest Housing Traditions Design, Materials, Performance.* Washington, D.C. : U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research.

Visser, Thomas D. 1996. Nails: Clues to a Building's History. *University of Vermont - Historic Preservation Research.* [Online] 1996. <http://www.uvm.edu/histpres/203/nails.html>.

Vitruvius. 1986 rep.. *The Ten Books on Architecture (trad. Morris Hicky Morgan - 1914) .* New York : Dover, 1986 rep.

Wachsmann, Konrad. 1995. *Building the Wooden House.* Basel : Birkhauser, 1995.

Warnock, A. C. C. 1985. CBD-239. Factors Affecting Sound Transmission Loss. *Canadian Building Digest.* 1985.

Warnock, A. C. C. 1999. Controlling the Transmission of Airborne Sound through Floors. *Construction Technology Update.* Dez de 1999, No. 35.

—. **1999.** Controlling the Transmission of Impact Sound through Floors. *Construction Technology Update.* Maio de 1999, No. 25.

Warnock, A. C. C. e Birta, J. A. 2000. *Detailed Report for Consortium on Fire Resistance and Sound Insulation of Floors: Sound Transmission and*

Impact Insulation Data in 1/3 Octave Bands. s.l. : National Research Council Canada, 2000.

—. **1998.** *Summary Report for Consortium on Fire Resistance and Sound Insulation of Floors: Sound Transmission Class and Impact Insulation Class Results.* s.l. : National Research Council Canada, 1998.

Warnock, A. C. C. 1985. *Field Sound Transmission Loss Measurements.* s.l. : National Research Council Canada, 1985.

—. **2001.** Specifying Acoustical Criteria for Buildings. *Construction Technology Update.* Dez de 2001, No. 50.

Warnock, A.C.C. 2000. *Impact Sound Measurements on Floors Covered with Small Patches of Resilient Materials or Floating Assemblies.* s.l. : Institute for Research in Construction. National Research Council Canada, 2000.

Wegener, Gerd e Zimmer, Bernhard. Building with Wood is Building for the Future. *TCM Fundamentals.* pp. 47-49.

—. Solid Wood Solid Wood Products. *TCM Fundamentals.* pp. 38-46.

West Coast Lumber Inspection Bureau. 2005. *Allowable Properties for Dimension Lumber: Domestic and Imported Species.* s.l. : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2005.

—. **2005.** *Allowable Properties for Dimension Lumber: Domestic Species.* s.l. : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2005.

—. **2005.** *Allowable Properties for Dimension Lumber: Imported Species.* s.l. : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2005.

—. **2005.** *Dry Timber Sizes.* Portland, OR : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2005.

—. **2003.** *European Spruces – The Rest of the Story*. s.l. : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2003.

—. *Grade Stamps for West Coast Lumber*. s.l. : West Coast Lumber Inspection Bureau.

—. **2001.** *Simplified Span Tables for Light Frame Construction*. Portland, OR : West Coast Lumber Inspection Bureau, 2001.

—. **2004.** *Tension/Bending Ratios of Machine Stress-Rated Lumber*. West Coast Lumber Inspection Bureau. Portland, OR : s.n., 2004. Technical Report No. 2.

2004. *Western Lumber Framing Basics: Common Framing Problems and How to Avoid Them*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2004.

2001. *Western Lumber Product Use Manual*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

2000. *Western Lumber Size-Adjusted Values: Size-Adjusted Values for Western Lumber Species Group*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2000.

2001. *Western Lumber Span Tables for Floor and Ceiling Joists and Roof Rafters*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

Weyerhaeuser Company. *A White Paper About Floor Performance*. ID : iLevel Technical Design Information. Weyerhaeuser Company.

—. **2006.** *Framing Details For Floor And Roof Structural Framers's Pocket Guide*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2006.** *iLevel™ MSR/MEL Performance Tested™ Lumber*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2006.** *iLevel™ Structurwood Edge Gold® Premium Floor Panels*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2006.** *iLevel™ Structurwood Edge® Floor Panels*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2008.** *Silent Floor® Joists for Residential Applications*. ID : Weyerhaeuser Company, 2008.

—. **2006.** *Structurwood Edge Gold® Floor Panels*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

—. **2006.** *Structurwood Edge® Floor Panels*. ID : Weyerhaeuser Company, 2006.

Williams, R. Sam e Feist, William C. *Water Repellent and Water-Free Preservative for Wood*. United States Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison, WI : s.n. General Technical Report FPL-GTR-109.

Wood Handbook—Wood as an Engineering Material. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI : s.n. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113.

WWPA. 2001. *Board Footage Table: Conversions from Lineal Feet to Board Feet in Standard Size of Western Lumber*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

—. **2002.** *Design Load Tables for Wood Columns (Posts): 4x4 through 12x12; Incised 4x4 and 4x6. Tech Notes*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 2002. Report No. 9.

—. **1995.** *Design values for ES-LP MSR Grades of 1650 Fb & Higher. Tech Notes*. Portland. OR : Western Wood Products Association, 1995. Report No. 3.

—. **2000.** *Design values for U. S. and Canadian Group Combinations. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2000.

—. **2000.** *Flame-Spread Ratings: Flame-Spread Ratings & Smoke-Developed Indices: Conformance with Model Building Codes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2000.

—. **1997.** *Increased Base Values for Design in Western Lumber Species. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1997. Report No. 5.

—. **1997.** *Information on the In-Grade Testing Program, Impact on Design Values. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1997. Report No. 4.

—. **1999.** *Lumber Specifying Information: Rough Carpentry (in base values) and Finish Material. Specifying Western Lumber.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1999.

—. **1996.** *MSR Lumber-Equation Format: Machine Stress-Rated Lumber: Quality Control, Availability, Specifying, Code Acceptability.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1996.

—. **2002.** *Natural Wood Siding: Selection, Installation & Finishing. Technical Guide.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2002.

—. **1998.** *New Provisions in the National Design Specification ® (NDS®) for Wood Construction. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1998. Report No. 7.

—. **1997.** *Notching & Boring Guide: Notching & Boring Guide For Floor Joists & Stud Walls In Conventional Light-Frame Construction.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1997.

—. **2002.** *NSD 2001 Specific Gravity Values for MSR Lumber. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2002. Report No. 11.

—. **2001.** *Paneling Basics: Lumber Paneling: Pattern Selection And Installation Information.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

—. **2002.** *Shrinkage Calculations for Multistory Wood Frame Construction. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2002. Report No. 10.

—. **2001.** *Standard Patterns.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

—. **2001a.** *Structural Glued Lumber: end jointed, edge and face glued.* Portland : Western Wood Products Association, 2001a.

—. **2001.** *Structural-Glued Lumber: End-Jointed, Edge and Face-Glued.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

—. **2001.** *Timber Engineering Software. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001. Report No. 8.

—. **2005.** *Unseasoned (GRN) Framing Lumber: Moisture Content and Seasoning in Unseasoned (Green) Dimension Lumber and Heavy Timbers.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2005.

—. **1994.** *Wood or Horn-tailed Wasps. Tech Notes.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 1994. Report No. 2.

—. **2001.** *WWPA Grade Stamps: Guide to Understanding WWPA Grade Stamps and Quality Control Identification.* Portland. OR : Western Wood Products Association, 2001.

Zwerger, Klaus. 2000. *Wood and Wood Joints.* Basel : Birkhauser, 2000.

16 Índice de Figuras

Fig. 1-1 Casa Eichler vista do Jardim. (foto do autor)	2
Fig. 3-1 Distribuição das florestas no planeta (FAO, 2001 p. 37 Fig. 3)	7
Fig. 3-2 Floresta boreal no Verão e Inverno, Suécia. (fonte desconhecida) ..	8
Fig. 3-3 Floresta temperada, New York, Estados Unidos. (fonte desconhecida)	8
Fig. 3-4 Floresta Tropical, Norte da Austrália. (panoramio)	8
Fig. 3-5 Aldeia em Ma'dan, Iraque. Construção feita de caniços e palha em abóbada de berço; as ilhas são artificiais. (weetlogs.scilogs.be/gallery/3/27-Y99DUTGB00.jpeg	9
Fig. 3-6 Abrigo Zulu, Drakensberg, África do Sul (Fanie Heymans)	9
Fig. 3-7 Parede de taipa com ripado de bambu, Nirasaki, Japão. (www.bornplaydie.com/japan/ travel/yamanashi/bamboo-wall.jpg)	10
Fig. 3-8 Construção de casa de bambu na Malásia; os pilares são de madeira. (Panoramio).....	10
Fig. 3-9 Protótipo de um nó de estrutura espacial construído em bambu para aplicação em construção contemporânea; (Renzo Piano).....	10
Fig. 3-10 Desenho esquemático de construção de vedação recorrendo a <i>wattlework</i> ; a forma de entrelaçar varia em complexidade consoante a função. (Zwerger, 2000)	11
Fig. 3-11 Construção de estacas, Costa Rica; as estacas prolongam-se através dos pisos. (panoramio)	11
Fig. 3-12 Vedação em <i>wattlework</i> , Nagasaki, Japão. (Zwerger, 2000)	11
Fig. 3-13 Ilustração Americana do séc. XIX sobre diferentes formas de construir em toros.	12
Fig. 3-14 Construção de estacas, palafita, rio Orinoco, Venezuela. (fonte desconhecida).	12
Fig. 3-15 Igreja de Saint Andrew, Essex, Inglaterra; considerado o edifício de madeira Inglês mais antigo no país. (www.geograph.org.uk)	13
Fig. 3-16 Construção de pilar e viga, Den Gamble By, Aarhus, Dinamarca; o preenchimento dos madeiramentos é feito com alvenaria de tijolo. (foto autor)	13
Fig. 3-17 Samblagens a meia madeira-- <i>Lap joint</i> . (des. do autor).....	13
Fig. 3-18 " <i>Braket set</i> " para suporte da cobertura em Shin'yakushiji Hondou, Nara, Japão. (www.aisf.or.jp).....	14
Fig. 3-19 Dexter's Grist Mill, 1654, Sandwich, Massachusetts; o revestimento do moinho de água é de " <i>shingles</i> ". (foto do autor)	14
Fig. 3-20 Casa islandesa recorrendo à técnica <i>Klombruhnaus</i> para colocação dos blocos de turfa que resulta num padrão <i>Herringbone</i> ou de espinha de peixe. (www.hurstwic.org).....	15
Fig. 3-21 Corte esquemático de uma casa de turfa Islandesa; neste caso os panos exteriores são de pedra e o interior de turfa. (desenho de Steinunn Kristjandottir).....	15
Fig. 3-22 Interior de casa de turfa Islandesa; o mais comum era a o interior não ser revestido a madeira ficando o turfa ou pedra expostos. (www.hurstwic.org)	15
Fig. 3-23 Interior de casa de turfa islandesa; o mais comum era a o interior não ser revestido a madeira ficando a turfa ou pedra expostos. (fonte desconhecida)	16
Fig. 3-24 Casa de turfa, nas montanhas da Escócia; as paredes são de turfa, tendo sido caiadas posteriormente. (www.claredunkle.com).....	16
Fig. 3-25 Estrutura de uma tenda Sami. (Zwerger, 2000)	16
Fig. 3-26 Igreja de San Facundo e San Primitivo, pormenor do tecto, Cisneros. O tecto de madeira funde-se com a alvenaria.(Shubert, 2000) ...	17
Fig. 3-27 Convento de Santa Catalina, pormenor da cobertura oitavada da Capela do presbitério, Zafra, Espanha; Sec. XIV. (Shubert, 2000).....	17
Fig. 3-28 Variações estruturais evolutivas da construção <i>Umgebinde</i> segundo Breen. (Breen)	18
Fig. 3-29 Casa de construção <i>Umgebinde</i> , Böhmischen, Alemanha. Pouco usualmente o piso superior deste edifício é de toros. (www.boehmen-reisen.de)	18

Fig. 3-30 Casa de construção <i>Umgebinde</i> , Böhmischen, Alemanha. Este sistema construtivo originou no Sec. XI I, tendo sido utilizado até ao presente. Parte do piso térreo recorre a construção com toros sem que estes contribuam para a transferência de cargas verticais. (panorâmio) ...	18
Fig. 3-31 Igreja em Kiruna, Norte da Suécia; construída no séc XX, esta igreja mostra influências da construção stave assim como da construção de toros do norte da Rússia. (flickr)	19
Fig. 3-32 Igreja de Borgund, Noruega; construção stave. (foto do autor) ...	19
Fig. 3-33 Casa construída com wattlework. Projecto de reconstrução da aldeia de Cucuteni. (Univ. de Iasi, Romenia, www.arts.iasi.roedu.net/cucuteni/arheo/casa).	19
Fig. 3-34 Celeiro construído com paredes de <i>wattlework</i> , nas montanhas da Escócia. As paredes, sem serem rebocadas, permitem a ventilação do espaço. A estrutura de forma curva é denominada “ <i>cruck</i> ” e em estruturas maiores construídas com madeira aparelhada resulta nas “ <i>cruck trusses</i> ” ou asnas curvilíneas. (www.claredunkle.com)	20
Fig. 3-35 Igreja da Virgem da Assunção em Kondopoga, Karelia, Rússia; pormenor do cunhal. (Opolovnikov, 1989).....	20
Fig. 3-36 Igreja da Virgem da Assunção em Kondopoga, Karelia, Rússia. (trekearth.com)	21
Fig. 3-37 Casa feita com troços de toros; nestas casas os toros de menor secção são colocados perpendicularmente ao plano da parede; Vitanov, Eslováquia. (Zwenger, 2000)	21
Fig. 3-38 Ponte de Scaffhausen, Suíça. Maqueta no Deutche Museum, Munique, baseada em desenhos dos irmãos Grubenmann. Esta versão propunha a resolução da ponte sem apoios intermédios que vieram a ser colocados na versão final a pedido do cliente. (Zwenger, 2000)	22
Fig. 3-39 Ponte de Scaffhausen, Suíça, obra dos irmãos Grubenmann, segundo pintura da época. (wikipedia)	22
Fig. 3-40 Tecto da Catedral de Santa Maria, Teruel, Espanha; na arquitectura Mudéjar não se utilizava os pendurais; os cachorros nas entregas das vigas ajudavam a encurtar o vão livre. (Shubert, 2000).....	23

Fig. 3-41 Cobertura de asna tipo “ <i>hammer beam</i> ”. (fonte desconhecida) ..	23
Fig. 3-42 Planta de Stanton Drew, Sommerset, Inglaterra, em comparação à de Stonehenge. (Heritage)	24
Fig. 3-43 Palheiro em Mira, Portugal. (Teixeira, et al.).....	24
Fig. 3-44 Templo de Kapoteshvara, em Chezarla, Índia. (Stierlin, 1993a)	25
Fig. 3-45 Templo de Kondane, Índia. (Stierlin, 1993a)	25
Fig. 3-46 Templo de Bhājā, Índia. (Stierlin, 1993a).....	25
Fig. 3-47 Fachada do templo de Kapoteshvara, em Chezarla, Índia. (Stierlin, 1993a)	25
Fig. 3-48 Cobertura abobadada na região de Bengala, Índia. (Stierlin, 1993a)	26
Fig. 3-49 Reconstrução ilustrativa do templo de Kondane, Índia. (Stierlin, 1993a)	26
Fig. 3-50 Esquema dos tectos cimbrados do palácio de Akbar, Índia. (Stierlin, 1993a)	26
Fig. 3-51 Hinoki ou falso cipreste, Japão. (fonte desconhecida)	26
Fig. 3-52 Palácio dos Duques de Bragança, Braga. (foto do autor)	27
Fig. 3-53 Baixa Medieval de Guimarães, Portugal. (foto do autor)	27
Fig. 3-54 Estrasburgo, França. (foto do autor)	28
Fig. 3-55 Rossio, Vila Real de Santo António, Portugal; reconstrução Pombalina. (foto do autor).....	28
Fig. 3-56 Enxó com lâmina de aço. 8(fonte desconhecida)	29
Fig. 3-57 Preenchimento das paredes com wattlework para receber revestimento de terra, Cucuteni, Moldávia. (Univ. de Iasi, Romenia, www.arts.iasi.roedu.net/cucuteni/arheo/casa).	29
Fig. 3-58 Casa de construção de toros, Skansen, Suécia. (foto do autor)	29
Fig. 3-59 Vedação feita de pedra e wattlework de bambu, Arashiyama, Kyoto, Japão. (flickr)	30
Fig. 3-60 Aldeia de Unteruhldigen, Lago Constância; pormenor de guarda com elementos forçados – Pfahlbau museum, Alemanha.(Schweitzer, 2005).	30

Fig. 3-61 Pilares atados com corda de fibra vegetal; entrada para a sauna, Vila Mairea, Noormarkku, Finlândia. (falcon.jmu.edu/~tatewl/AALTO/)	31
Fig. 3-62 Pormenor de cunhal de construção de toros, Skansen, Suécia. (foro do autor)	31
Fig. 3-63 Casa em Toro, perto de Shizuoka, Japão; período Yayoi (300 AC a 300 DC); toda a estrutura da cobertura é atada com fibras vegetais. (Schweitzer, 2005)	31
Fig. 3-64 Templo Kongobu-ji (Budista), montanhas Kii, Garan, Japão. (fonte desconhecida)	32
Fig. 4-1 Imagens de painéis de madeira maciça (Kristensen, 1999)	33
Fig. 4-2 Kindergarten, Heilbronn, Alemanha, construção <i>Brettstapel</i> , as lajes de cobertura e pavimento elevado são da mesma construção das paredes; (Bernd Zimmermann, Arq.)	34
Fig. 4-3 Ilustração de construção de parede maciça, comercializado com a denominação "Massiv". (Thoma, 2008)	35
Fig. 4-5 Braced Framing(Belle, et al., 1991)	40
Fig. 4-4 Balloon framing (Belle, et al., 1991)	41
Fig. 4-6 Modern braced framing(Belle, et al., 1991)	42
Fig. 4-7 Western framing(Belle, et al., 1991)	43
Fig. 4-8 Western or platform framing(Packard, 1981)	44
Fig. 4-9 Esquema de dois pórticos em madeira; as ligações rígidas resultam da ligação da asna ao pilar ou dos tirantes. (des. autor)	48
Fig. 4-10 Exemplos de tirantes de ligação à fundação da Simpson Strongtie, Co.	56
Fig. 4-11 Parede de prumos, sobreposição da travessa de tecto e encontro da travessa no cunhal. (des. autor)	61
Fig. 4-12 Duas combinações de prumos para execução dos cunhais. (des. autor)	62
Fig. 4-13 Aplicação de fascia a topejar as vigotas. (des. autor)	70
Fig. 4-14 Criação de pendentes com cunha e palmeta. (des. autor)	71
Fig. 4-15 Perfis de cobertura standing seam; (fonte:NRCA)	75
Fig. 5-1 Madeira maciça de secção rectangular (Hugues, 2004)	85

Fig. 5-2 Tabela parcial com classes de resistência de acordo com a EN 338:2003 (Ed. 2)	86
Fig. 5-3 Tabela com dimensões preferenciais para madeira maciça de acordo com a EN 1313-1:1997/A 1:1999 (Ed. 1)	87
Fig. 5-5 Ligações de madeira estrutural colada com finger joints (Trada, 2003a)	89
Fig. 5-4 Madeira estrutural colada (Hugues, 2004)	89
Fig. 5-8 Vários esquemas de disposição de lamelas; somente o exemplo da esquerda está abrangido pela EN 14081 por ser o mais comum (Trada, 2003b)	91
Fig. 5-6 Viga de madeira lamelada colada (Hugues, 2004)	91
Fig. 5-7 High Strength Composite Glulam da Standard Structures, Inc (Standard Structures, Inc)	91
Fig. 5-9 Laminated wood decking (lockdeck.com)	92
Fig. 5-10 Painel no sistema <i>Brettstapel</i> (Hugues, 2004)	93
Fig. 5-11 Parede no sistema <i>Massiv</i> (thoma.at)	93
Fig. 5-12 Réguas de madeira maciça (Hugues, 2004)	94
Fig. 5-13 Folheado e <i>blockboard</i> (Hugues, 2004)	95
Fig. 5-14 Contraplacado(Hugues, 2004)	96
Fig. 5-15 Laminated Veneer Lumber (Hugues, 2004)	97
Fig. 5-16 <i>Structural Veneer Lumber</i> (Hugues, 2004)	97
Fig. 5-17 <i>Oriented Strand Board</i> (Hugues, 2004)	98
Fig. 5-18 Laminated Strand Lumber (Hugues, 2004)	99
Fig. 5-19 <i>Parallel Stand Lumber</i> (ilevel.com)	100
Fig. 5-20 <i>Fiberboard</i> (Hugues, 2004)	101
Fig. 5-21 <i>Particle board</i> (Hugues, 2004)	102
Fig. 5-22 <i>Cement fiberboard</i> (Hugues, 2004)	102
Fig. 5-23 <i>Wood Wool Board</i> (Hugues, 2004)	103
Fig. 5-24 Painel de cortiça(Hugues, 2004)	103
Fig. 5-25 Painel de fibra de côco (Hugues, 2004)	104
Fig. 5-26 Manta de linho(Hugues, 2004)	104
Fig. 5-27 Manta de lã(Hugues, 2004)	105

Fig. 5-28 Manta de lã mineral (Hugues, 2004).....	106
Fig. 5-29 Isolamentos de base sintética (Hugues, 2004)	107
Fig. 5-30 Gesso cartonado(Hugues, 2004).....	108
Fig. 5-31 <i>Engineered wood products</i> (ilevel.com; Standard Structures, inc)	109
Fig. 6-1 Reactor <i>Bessemer</i> , Kelham Island Museum, Sheffield, Inglaterra (kelham Island Museum).	112
Fig. 7-1 Classes de risco; EN 335-2:2006.....	120
Fig. 7-2 Relação entre Classe de Risco e Classe de Penetração; EN 351-1.	121
Fig. 8-1 Exemplo de sistema homologado para parede interior com uma classificação de resistência ao fogo de 2 horas, (<i>Underwriters Laboratory</i>).	124
Fig. 9-1 Exemplo de sistema homologado de pavimento / tecto com uma classificação de resistência ao fogo de uma hora e índices de isolamento sonoro STC e IIC , (<i>Underwrites Laboratory</i>).....	127
Fig. 10-1 Tabela 3.1 da EN 1995-1-1:2004 (parcial).....	133
Fig. 10-2 Separação necessária entre ocupações; adaptada da tabela 508.3.3 do IBC.....	142
Fig. 10-3 Tabela com requisitos de resistência ao fogo dos elementos construtivos em função do tipo de construção; adaptada com base na tabela 601 do IBC. A construção <i>light framing</i> é do Tipo V-A, com uma resistência de uma hora ou do Tipo V-B, sem resistência.	144
Fig. 10-4 Tabela de área e cêrceas permitdas; adaptada da tabela 503 do IBC.....	145
Fig. 10-5 Continuação; Tabela de área e cêrceas permitdas; adaptada da tabela 503 do IBC.....	146
Fig. 10-6 Tabela com requisitos de resistência ao fogo de paredes exteriores em função da distância à extrema; adaptada da tabela 602 do IBC.	147
Fig. 11-1 Tabela com requisitos de resistência ao fogo em função da distância à extrema; adaptada da tabela R302.1 do IRC.	150
Fig. 11-2 Tabela adaptada à Portaria 1532/2008, baseada na tabela R302.1 do IRC.....	150

Fig. 11-3 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)	152
Fig. 11-4 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)	153
Fig. 11-5 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)	154
Fig. 11-6 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor).....	155
Fig. 11-7 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor).....	156
Fig. 11-8 Protecção contra a deterioração da construção através dos afastamentos da madeira ao solo. (des. autor)	157
Fig. 11-9 Protecção contra a deterioração da construção através da protecção da madeira à intempérie. (des. autor)	158
Fig. 11-10 Protecção contra a deterioração da construção no contacto com elementos de betão. (des. autor).....	159
Fig. 11-11 Protecção contra térmitas. (des. autor)	161
Fig. 11-12 Protecção contra térmitas. (des. autor)	162
Fig. 11-13 Tabela com larguras minimas de fundações, adaptada da tabela R403.1 do IRC.	164
Fig. 11-14 Dimensões minimas das fundações e raios; adaptado da fig. R403.1.(1) do IRC. (des. autor)	165
Fig. 11-15 Frechal em fundação de betão. (des. autor)	166
Fig. 11-16 Em edifícios com dois pisos o espaçamento do varão roscado deverá ser 1200 mm. (des. autor)	167
Fig. 11-17 Afastamento da cosntrução a declives. (des. autor)	168
Fig. 11-18 Fundações de madeira em vazio sanitário. (des. autor).....	169
Fig. 11-19 Fundações de madeira em formação de cave semi enterrada. (des. autor).....	170
Fig. 11-20 Grelha de ventilação do vazio sanitário colocada entre vigotas de pavimento. (des. autor).....	171

Fig. 11-21 Armação de pavimento para passagem de infraestruturas. (des. autor).....	173
Fig. 11-22 Alinhamento entre viga e parede interior. (des. autor).....	174
Fig. 11-23 Apoio e pregagem de vigotas de pavimento me apoio intermédio do pavimento. (des. autor).....	175
Fig. 11-24 Apoios complanares de vigotas a viga. (des. autor)	176
Fig. 11-25 Aplicação de tarugos ou vigota de bordadura na entrega das vigotas. (des. autor).....	177
Fig. 11-26 Recortes e furações em vigotas. (des. autor)	178
Fig. 11-27 Vãos permitidos para pavimentos de madeira maciça de classe de resistência C16 e classe de risco 1 e2.	180
Fig. 11-28 Vãos permitidos para pavimentos de madeira maciça de classe de resistência C24 e classe de risco 1 e2	181
Fig. 11-29 Vãos permissíveis para vigas e vergas em paredes exteriores para madeira de classe de resistência C24, classe de serviço 3; adaptado da tabela 2308.9.5. do IBC.	188
Fig. 11-30 Contraventamento de paredes, adaptado da tabela R602.10.1 do IRC; (para efeitos de simplificação foi considerada uma zona sísmica única para o país).	191
Fig. 11-31 Tabela com comprimentos mínimos de <i>shear wall</i> ; adaptado da tabela R602.10.5 do IBC.	192
Fig. 11-32 Mapa de pregagem para elementos de estrutura, adaptado da tabela R602.3.(1) do IRC.	194
Fig. 11-33 Tipos de pregagem. (des. autor)	195
Fig. 11-34 Pregagem entre vigota e frechal ou viga. (des. autor).....	196
Fig. 11-35 Pregagem entre régua e prancha a vigotas. (des. autor)	197
Fig. 11-36 Pregagem da travessa de pavimento a vigotas e tarugos. (des. autor).....	198
Fig. 11-37 Pregagem de travessas a prumos. (des. autor).....	199
Fig. 11-38 Pregagem de prumos duplos. (des. autor)	200
Fig. 11-39 Pregagem das régua da travessa dupla de tecto. (des. autor)	201
Fig. 11-40 Pregagem de tarugos a travessa de tecto. (des. autor)	202

Fig. 11-41 Pregagem de vigota de bordadura a travessa dupla de tecto. (des. autor).....	203
Fig. 11-42 Pregagem da travessa dupla de tecto em intersecção de paredes. (des. autor).....	204
Fig. 11-43 Pregagem de travessa dupla de tecto no cunhal. (des. autor)	205
Fig. 11-44 Pregagem de viga composta com espaçador maciço. (des. autor)	206
Fig. 11-45 Pregagem de vigota a travessa dupla de tecto. (des. autor)	207
Fig. 11-46 Pregagem entre vigotas sobre apoio intermédio. (des. autor)	208
Fig. 11-47 Pregagem entre vigotas de cobertura e tecto sobre apoio em parede exterior. (des. autor).....	209
Fig. 11-48 Pregagem de vigota de cobertura a apoio em parede exterior. (des. autor).....	210
Fig. 11-49 Pregagem entre prumos no cunhal. (des. autor)	211
Fig. 11-50 Pregagem de vigotas de cobertura ao laró ou rincão. (des. autor)	212
Fig. 11-51 Pregagem entre vigotas de cobertura e cumeeira. (des. autor).....	213
Fig. 11-52 Mapa de pregagem para materiais de estrutura; adaptado da tabela R602.3.(1) do IRC.....	214
Fig. 11-53 Método alternativo para armação de paredes com funcionamento em pórtico; geralmente utilizadas no vão de acesso a garagem. (des. autor).....	215
Fig. 11-54 Fundação escadeada. (des. autor).....	219
Fig. 11-55 Aplicação de forro estrutural, adaptado da tabela 602.3(3) e (4) do IRC.	220
Fig. 11-56 Espessura de reboco e estuque; adaptada da tabela R702.1.(1).	221
Fig. 11-57 Estuque; adaptado da tabela 702.1.(2) do IRC.	222
Fig. 11-58 Reboco de cimento Portland; adaptado da tabela 702.1.(3) do IRC.	222
Fig. 11-59 Aplicação e espessuras mínimas de gesso cartonado; adaptado da tabela R702.3.5 do IRC.	224

Fig. 11-60 Capacidade de corte em diafragmas de gesso cartonado em plaicações de tectos horizontais; adaptado da tabela R702.3.7 do IRC. ...	225
Fig. 11-61 Revestimento exterior e espessuras mínimas; adaptado da tabela R703.4 do IRC.....	228
Fig. 11-62 Exposição de telhas de madeira em parede exteriores; adaptado da tabela R703.5.2	229
Fig. 11-63 Limitações e requisitos para revestimentos de pedra e alvenaria de tijolo de burro; adaptado da tabela R703.7.(1) do IRC.	231
Fig. 11-64 Vão permitido para linteis que suportam revestimentos de alvenaria; adaptado da tabela R703.7.3 do IRC.....	232
Fig. 11-65 Ligações entre vigotas de cobertura e tecto; adaptado da tabela R802.5.1.(9)	236
Fig. 11-66 Vãos para vigotas de tecto; adaptado do IRC.	239
Fig. 11-67 Vãos para vigotas de cobertura, adaptado do IRC.....	240
Fig. 11-68 Espessura mínima de régua de revestimento	241
Fig. 11-69 Exposição de cada camada de telha de madeira	246
Fig. 12-1 Vista geral da moradia exemplo nº1.....	248
Fig. 12-2 Abertura de valas de fundação.	249
Fig. 12-3 Execução das fundações (fundação corrida e sapatas).....	250
Fig. 12-4 Execução do frechal de fundação e viga do piso térreo. A viga apoia em calço de madeira com classe de resistência adequada ao contacto com betão e o negativo do betão é sobredimensionado para permitir a ventilação da entrega da viga.....	251
Fig. 12-5 Montagem das vigotas de pavimento. As entregas das vigotas são desfazadas sobre a viga para aumentar a área de contacto na entrega. A ligação entre vigotas é feita com pregagem de face.	252
Fig. 12-6 Montagem da viga de bordadura e tarugos.....	253
Fig. 12-7 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma. A pregagem da cada painel é feita em toda a periferia e no alinhamento de cada elemento de apoio inferior.	254
Fig. 12-8 Montagem de parede exterior sobre o pavimento. A construção da armação da parede na horizontal facilita a sua construção.	255

Fig. 12-9 Levantamento manual da parede exterior.	256
Fig. 12-10 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior. As escoras garantem que a parede esteja a prumo enquanto que os tirantes garantem a sua ortogonalidade.	257
Fig. 12-11 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento.....	258
Fig. 12-12 Levantamento manual da segunda parede exterior.	259
Fig. 12-13 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.	260
Fig. 12-14 Montagem de paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.	261
Fig. 12-15 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.	262
Fig. 12-16 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.	263
Fig. 12-17 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.....	264
Fig. 12-18 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.....	265
Fig. 12-19 Montagem das vigotas do pavimento elevado e de vigotas duplas para suporte de paredes interiores. As vigotas duplas sob paredes divisórias tendem a reduzir o possível efeito de fluência causado pela acção da parede no pavimento.	266
Fig. 12-20 Montagem de vigota de bordadura e tarugos. Note-se que alguns dos alinhamentos dos tarugos correspondem ao alinhamento de paredes interiores perpendiculares às vigotas.	267
Fig. 12-21 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma.	268
Fig. 12-22 Montagem da armação de vigotas do patamar das escadas....	269
Fig. 12-23 Montagem das pernas das escadas.	270
Fig. 12-24 Montagem de forro estrutural nas escadas e patamar.	271
Fig. 12-25 Montagem de parede exterior sobre o pavimento.	272

Fig. 12-26 Levantamento manual de parede exterior.	273
Fig. 12-27 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.	274
Fig. 12-28 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento.	275
Fig. 12-29 Levantamento manual da segunda parede exterior.	276
Fig. 12-30 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.	277
Fig. 12-31 Montagem das paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.	278
Fig. 12-32 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.	279
Fig. 12-33 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.	280
Fig. 12-34 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.	281
Fig. 12-35 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.	282
Fig. 12-36 Montagem de vigotas de tecto e tarugos.	283
Fig. 12-37 Montagem das varas e vigota de cumeeira.	284
Fig. 12-38 Montagem de paredes de fecho da empena.	285
Fig. 12-39 Montagem da armação em escada para formação do beirado nas empenas.	286
Fig. 12-40 Montagem de tarugos no alinhamento das paredes exteriores.	287
Fig. 12-41 Montagem da <i>fascia</i>	288
Fig. 12-42 Montagem do forro estrutural das paredes no piso térreo.	289
Fig. 12-43 Montagem do forro estrutural das paredes no piso elevado.	290
Fig. 12-44 Montagem do forro estrutural das paredes de fecho da empena.	291
Fig. 12-45 Montagem do forro estrutural da cobertura.	292
Fig. 12-46 Montagem dos vãos exteriores.	293
Fig. 12-47 Aplicação da impermeabilização da cobertura.	294

Fig. 12-48 Aplicação de acabamento exterior (reboco sobre cartão asfáltico).	295
Fig. 12-49 Acabamento da aplicação do forro exterior, aplicação de remates em vãos e pintura.	296
Fig. 12-50 Aplicação de grelhas na ventilação do vazio sanitário.	297
Fig. 12-51 Montagem de infraestruturas em paredes e vigotas.	298
Fig. 12-52 Preenchimento das caixas de ar entre prumos com isolamento térmico e forro das paredes exteriores com painéis de gesso cartonado.	299
Fig. 12-53 Forro das paredes interiores e tectos com painéis de gesso cartonado e respectiva pintura, seguido da instalação do acabamento do pavimento.	300
Fig. 12-54 Vista em corte da cobertura com as vigotas de tecto, varas e escoras em vista. O espaço entre as vigotas de tecto é preenchido com isolamento térmico.	301
Fig. 12-55 Vista em corte do piso superior: três quartos, duas instalações sanitárias e armário.	302
Fig. 12-56 Vista em corte do piso térreo: sala de estar, zona de cozinha e sala de jantar e instalação sanitária.	303
Fig. 12-57 Vista em corte pela sala de estar e quartos.	304
Fig. 12-58 Vista em corte pelas escadas.	305
Fig. 12-59 Vista em corte pela sala de jantar e quarto.	306
Fig. 12-60 Vista em corte longitudinal.	307
Fig. 12-61 Vista em corte longitudinal.	308
Fig. 12-62 Vista geral da moradia exemplo nº2.	309
Fig. 12-63 Abertura de valas de fundação.	310
Fig. 12-64 Execução das fundações (fundação corrida e sapatas), frechal e viga.	311
Fig. 12-65 Montagem das vigotas de pavimento.	312
Fig. 12-66 Montagem dos tarugos.	313
Fig. 12-67 Montagem do forro estrutural de pavimento para formação do diafragma.	314
Fig. 12-68 Montagem de parede exterior sobre o pavimento.	315

Fig. 12-69 Levantamento manual da parede exterior. Uma parede com este comprimento seria feita e levantada em troços. A colocação da segunda travessa superior com a parede já na vertical une os vários troços.	316
Fig. 12-70 Montagem de parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.	317
Fig. 12-71 Montagem da segunda parede exterior sobre o pavimento. ...	318
Fig. 12-72 Levantamento manual da segunda parede exterior.	319
Fig. 12-73 Montagem da segunda parede exterior e estabilização temporária com escoras pelo interior e tirantes pelo exterior.	320
Fig. 12-74 Montagem das paredes exteriores (de topo) sobre o pavimento.	321
Fig. 12-75 Levantamento manual das paredes exteriores de topo.	322
Fig. 12-76 Montagem das paredes exteriores (de topo) ao pavimento e às paredes exteriores longitudinais.	323
Fig. 12-77 Montagem de paredes interiores transversais (pelo mesmo processo de construção sobre o pavimento) e remoção das escoras e tirantes das paredes exteriores.	324
Fig. 12-78 Montagem das paredes interiores no sentido longitudinal e respectivo travamento às outras paredes.	325
Fig. 12-79 Montagem de viga, pilaretes e frechal dos alpendres.	326
Fig. 12-80 Montagem das vigotas de cobertura.	327
Fig. 12-81 Montagem dos tarugos.	328
Fig. 12-82 Montagem do forro estrutural de cobertura.	329
Fig. 12-83 Montagem da platibanda.	330
Fig. 12-84 Montagem do forro estrutural das paredes.	331
Fig. 12-85 Montagem das vigotas do pavimento do alpendre e pernas. .	332
Fig. 12-86 Montagem do pavimento dos alpendres.	333
Fig. 12-87 Montagem do isolamento e impermeabilização de cobertura.	334
Fig. 12-88 Montagem dos vãos.	335
Fig. 12-89 Montagem de isolamento térmico exterior.	336
Fig. 12-90 Montagem do forro de madeira exterior.	337

Fig. 12-91 Montagem de rufo metálico em remate de platibanda.	338
Fig. 12-92 Montagem de grelhas de ensombramento.	339
Fig. 12-93 Montagem de infraestruturas.	340
Fig. 12-94 Forro de paredes interiores com painéis de gesso cartonado.	341
Fig. 12-95 Forro de tectos com painéis de gesso cartonado e pintura.	342
Fig. 12-96 Aplicação de pavimentos.	343
Fig. 12-97 Vista exterior de um dos alpendres.	344
Fig. 12-98 Vista geral exterior de Sudoeste.	345
Fig. 12-99 Vista geral de Sudeste.	346
Fig. 12-100 Vista em corte da planta: três quartos, 2 instalações sanitárias, wc social, sala de jantar, cozinha e sala de estar.	347
Fig. 12-101 Vista em corte pela sala de estar.	348
Fig. 12-102 Vista em corte por um dos quartos.	349
Fig. 14-1 <i>Anchor bolt</i> . (des. autor).	353
Fig. 14-2 <i>Holdown anchor</i> . (des. autor)	353
Fig. 14-3 <i>Blocking</i> . (des. autor)	354
Fig. 14-4 <i>Collar tie</i> , tirante. (des. autor)	356
Fig. 14-5 <i>Header joist, cadeia</i> . (des. autor)	360
Fig. 14-6 Telha de madeira tipo <i>Shake</i>	365
Fig. 14-7 Telha de madeira tipo <i>shingle</i> em forro exterior como <i>siding</i> (bestroofingca.com)	365
Fig. 14-8 Fecho de um beirado com forro pela face inferior – <i>soffit</i> . (universalbuilders.net)	366
Fig. 14-9 <i>Studs</i> . (des. autor)	367

